



21 Aktenzeichen: 100 20 148.2
22 Anmeldetag: 25. 4. 2000
43 Offenlegungstag: 16. 11. 2000

30 Unionspriorität:

11-118135 26. 04. 1999 JP
2000-14120 19. 01. 2000 JP

71 Anmelder:

Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

72 Erfinder:

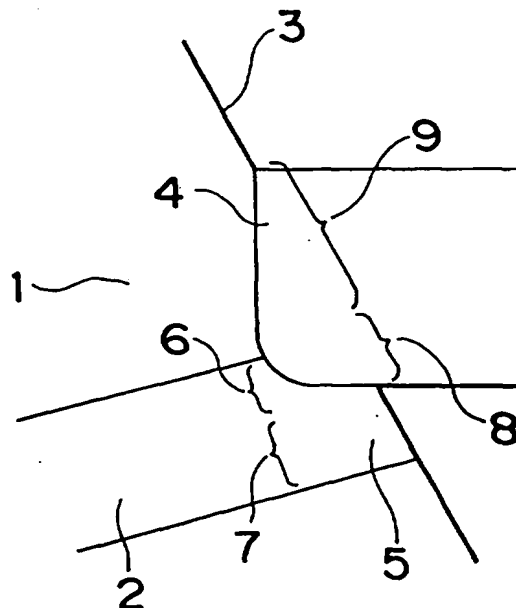
Watanabe, Yoshimasa, Toyota, Aichi, JP; Nakanishi,
Kiyoshi, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kraftstoffeinspritzdüse

57 Eine Umfangsnut (4) ist in einer inneren Wandoberfläche (3) eines Düsenkörpers ausgebildet. Einspritzlocheinlässe (5) sind bezüglich der Umfangsnut (4) derart angeordnet, dass der düsenendseitige Abschnitt (6) jedes Einspritzlocheinlasses (5) einen düsenstumpfenabschnitt (8) der Umfangsnut (4) überlappt, dass ein düsenstumpfenabschnitt (7) jedes Einspritzlocheinlasses (5) die Umfangsnut (4) nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt (9) der Umfangsnut (4) keinen Einspritzlocheinlass (5) überlappt.



Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzdüse.

In einer bekannten Kraftstoffeinspritzdüse sind Einspritzlöcher, die eine Innenseite des Düsenkörpers und eine Außenseite des Düsenkörpers verbinden, zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper vorgesehen. Ein Beispiel dieser Kraftstoffeinspritzdüse ist beispielsweise in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei 2-67459 beschrieben.

In der Kraftstoffeinspritzdüse, die in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei 2-67459 beschrieben ist, ist eine Umfangsnut in einer Innenwandoberfläche eines Düsenkörpers ausgebildet und überlappt einen düsenendseitigen Abschnitt jedes Einspritzlocheinlasses. Die Umfangsnut überlappt zudem einen düsenstumpfenabschnitt jedes Einspritzlocheinlasses. Jedoch überlappt ein düsenstumpfenabschnitt der Umfangsnut keinen der Einspritzlocheinlässe. Wenn folglich der Hub einer Ventilnadel (eines Nadelventils) klein ist, kann die Düse keine gleichmäßige Hohlkegelstrahlform bilden, unabhängig davon, ob die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist oder nicht. In der nachfolgenden Beschreibung und in den Ansprüchen bedeutet "düsenendseitig" jene Seite, die dem hinteren Ende des Düsenkörpers zugewandt ist, im Unterschied zu dem ebenfalls verwendeten Ausdruck "düsenstumpfenabschnitt", der jene Seite beschreibt, die der Düsenstumpfe bzw. dem vorderen Ende des Düsenkörpers zugewandt ist. Diese Definition orientiert sich an der Längsachse des Düsenkörpers, wobei sich das hintere Ende und das vordere Ende in Richtung der Längsachse des Düsenkörpers einander gegenüberliegen.

Ein anderes Beispiel einer Kraftstoffeinspritzdüse, in welcher Einspritzlöcher, die eine Innenseite eines Düsenkörpers und eine Außenseite des Düsenkörpers verbinden, zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper vorgesehen sind, ist beispielsweise in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei 4-86373 beschrieben.

In der in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei 4-86373 beschriebenen Kraftstoffeinspritzdüse ist keine Umfangsnut in einer Innenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet, obwohl eine Aussparung in der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist. Wenn folglich der Hub oder die Anhebung einer Ventilnadel klein ist, kann die Düse keine gleichmäßige Hohlkegelstrahlform bilden, unabhängig davon, ob die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist.

Entsprechend ist es Aufgabe der Erfindung, eine Kraftstoffeinspritzdüse zu schaffen, die einen gleichmäßigen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahl bilden kann, wenn der Hub einer Ventilnadel relativ klein ist, unabhängig davon, ob die Ventilnadel bezüglich eines Düsenkörpers exzentrisch ist.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist eine Kraftstoffeinspritzdüse, in welcher eine Innenseite eines Düsenkörpers und eine Außenseite eines Düsenkörpers durch mindestens ein Einspritzloch zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass eine Umfangsnut in einer Düsenkörperinnenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist und dass ein Einspritzlocheinlass bezüglich der Umfangsnut derart angeordnet ist, dass ein düsenendseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses einen düsenstumpfenabschnitt der Umfangsnut überlappt, dass ein düsenstumpfenabschnitt der Umfangsnut überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt der Umfangsnut den Einspritzlocheinlass nicht überlappt.

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird, wenn der Hub der Ventilnadel relativ klein ist, ein Raum, der zwischen einer Außenwandoberfläche der Ventilnadel und der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers begrenzt ist, kleiner als ein Raum, der in der Umfangsnut begrenzt ist, und ferner trifft in die Umfangsnut einströmender Kraftstoff auf den düsenstumpfenabschnitt der Umfangsnut, so dass in die Umfangsnut fließender Kraftstoff darin Wirbel bildet. Wenn die Mittelachse der Wirbel in der Umfangsnut im wesentlichen parallel zu einer Tangentialrichtung bezüglich der Umfangsnut ist, werden die Wirbel in der Umfangsnut sehr instabil. Folglich verändert sich die Richtung der Mittelachse, so dass die Wirbel in der Umfangsnut in einem schrägen oder schiefen Zustand auftreten. Wegen des schiefen Zustands der Wirbel in der Umfangsnut bildet von der Umfangsnut in jedes Einspritzloch strömender Kraftstoff in dem Einspritzloch ebenfalls Wirbel. Folglich bildet der aus dem mindestens einen Einspritzloch ausgestoßene Kraftstoff eine hohlkegelförmige Strahlform, wenn die Ventilnadel nicht bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist. Wenn die Ventilnadel jedoch bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist, werden Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut abgeschwächt, aber Wirbel in jedem Einspritzloch werden dennoch, infolge des aus der Umfangsnut über den düsenstumpfenabschnitt in den Einspritzlocheinlass strömenden Kraftstoffs, verstärkt. Im Ergebnis bildet aus dem mindestens einen Einspritzloch ausgestoßener Kraftstoff eine gleichmäßige hohlkegelförmige Strahlform wie in dem Fall, in welchem die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers nicht exzentrisch ist. Kurz gesagt, wenn der Hub der Ventilnadel relativ klein ist, kann die Kraftstoffeinspritzdüse einen gleichmäßigen hohlkegelförmigen Strahl bilden, unabhängig davon, ob die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist oder nicht. Die Bildung eines gleichmäßigen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahls ist einer Situation zuzuschreiben, in welcher der zwischen der Außenwandoberfläche der Ventilnadel und der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers begrenzte Raum kleiner ist als der Raum, der in der Umfangsnut begrenzt ist. Wenn folglich der Hub der Ventilnadel relativ groß wird, wird der hohlkegelförmige Kraftstoffstrahl nicht gebildet, sondern es tritt Eindring- oder Durchschlagseinspritzung auf.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann ein Wandoberflächenabschnitt des düsenstumpfenabschnitts der Umfangsnut, d. h. der Wandoberflächenabschnitt, der sich aus der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers fortsetzt, so geformt sein, dass der Wandoberflächenabschnitt in Richtung eines Radius des Düsenkörpers nach Außen zeigt. Dieser Aufbau veranlasst den Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut entlang der Wandoberfläche des düsenstumpfenabschnitts der Umfangsnut, der in der Richtung des Radius des Düsenkörpers auswärts zeigt, zu fließen. Dadurch formen sich die Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut schneller.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Wandoberfläche des düsenstumpfenabschnitts der Umfangsnut so geformt sein, dass die Kontur der Wandoberfläche, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine sanfte, konkave Kurve beschreibt. Dieser Aufbau veranlasst den Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut entlang der sanften, konkaven Wandoberfläche des düsenstumpfenabschnitts der Umfangsnut zu fließen. Folglich bilden sich Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut schneller oder leichter.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung können eine Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut und ein Abschnitt der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangs-

nut angeordnet ist, sanft verbunden werden, indem eine Schrägfläche zwischen der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut und dem Abschnitt der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, gebildet wird und ein Winkel der Schrägfläche bezüglich einer Mittelachse der Kraftstoffeinspritzdüse auf einen Wert zwischen einem Winkel der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers bezüglich der Mittelachse der Kraftstoffeinspritzdüse und einem Winkel der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut bezüglich der Mittelachse der Kraftstoffeinspritzdüse gewählt wird. Dieser Aufbau vereinfacht den Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut, so dass sich Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut schneller bilden.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung können eine Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut und ein Abschnitt der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, verbunden sein, so dass, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine Kontur der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut und eine Kontur des Abschnitts der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, sanft über eine sanfte konvexe Kurve verbunden sind. Dieser Aufbau vereinfacht den Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut, so dass Kraftstoffwirbel schneller in der Umfangsnut gebildet werden.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Ventilnadel in dem Düsenkörper angeordnet sein und es kann ein Vorsprung an der Ventilnadel vorgesehen sein, so dass, wenn die Ventilnadel in einer geschlossenen Ventilstellung ist, der Vorsprung in der Umfangsnut aufgenommen ist. Mit diesem Aufbau ist die Kapazität oder das Fassungsvermögen eines Kraftstoffdurchlasses stromabwärts eines Ventilsitzabschnitts vermindert, verglichen mit einem Fall, in welchem ein solcher Vorsprung nicht vorgesehen ist. Im Ergebnis nimmt die Kraftstoffmenge ab, die in dem Kraftstoffdurchlass stromabwärts des Ventilsitzabschnitts verbleibt, wenn die Ventilnadel bzw. das Nadelventil geschlossen ist. Folglich wird eine Verschlechterung der Kohlenwasserstoffemission vermindert, die durch solchen Restkraftstoff hervorgerufen ist, der infolge eines Unterdrucks außerhalb des Düsenkörpers aus dem Düsenkörper herausgesaugt wird. Wenn die Ventilnadel bzw. das Nadelventil geöffnet ist, ist ferner der Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut durch den Vorsprung erleichtert. Folglich werden Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut schneller gebildet.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Wandoberfläche eines düsenstumpenseitigen Abschnitts des Vorsprungs so geformt werden, dass, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine Kontur der Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts des Vorsprungs eine sanfte, konkave Kurve bildet. Mit diesem Aufbau vereinfacht der Vorsprung weiter den Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut, wenn die Ventilnadel geöffnet ist. Folglich werden Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut schneller gebildet.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Ventilnadel in dem Düsenkörper angeordnet sein, ein Hub der Ventilnadel kann während eines Niedriglastbetriebs der Brennkraftmaschine vermindert sein und der Hub der Ventilnadel kann während eines Hochlastbetriebs der Brennkraftmaschine vergrößert sein. In diesem Aufbau ist der Hub der Ventilnadel während des Niedriglastbetriebs der Brennkraftmaschine vermindert und ist während des Hochlastbetriebs der Brennkraftmaschine erhöht. Dies bedeutet, dass bei einem Niedriglastbetrieb der Brennkraftmaschine,

während dem eine erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge relativ klein ist, der Hub der Ventilnadel vermindert ist, so dass ein hohlkegelförmiger Strahl, d. h. ein zerstäubter Strahl, gebildet wird. Der hohlkegelförmige Strahl unterstützt die Mischung von Kraftstoff mit Luft und verbessert folglich die Kraftstoffverbrennung. Weil ferner die Einspritzflussrate vermindert ist, kann die Einspritzzeitspanne in dem Fall eines relativ kleinen Hubs der Ventilnadel länger gewählt werden als in dem Fall eines relativ großen Hubs der Ventilnadel. Während des Hochlastbetriebs der Brennkraftmaschine ist der Hub der Ventilnadel vergrößert, so dass eine Durchschlageinspritzung ausgeführt wird. Dabei trifft der Kraftstoffstrahl auf eine Wandoberfläche der Brennkammer, wodurch Kraftstoff mit Luft gemischt wird und eine gute Verbrennung sichergestellt ist.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Ventilnadel in dem Düsenkörper angeordnet sein, ein Hub der Ventilnadel kann während eines Brennkraftmaschinenbetriebs mit niedriger Drehzahl reduziert sein und der Hub der Ventilnadel kann während eines Brennkraftmaschinenbetriebs mit hoher Drehzahl vergrößert sein. In diesem Aufbau ist bei niedriger Motordrehzahlen, bei denen relativ lange Kraftstoffeinspritzzeitspannen sichergestellt werden können, der Hub der Ventilnadel vermindert, um die Kraftstoffeinspritzrate zu vermindern, so dass ein zerstäubter Strahl gebildet wird. Folglich wird die Mischung von Kraftstoff mit Luft unterstützt und die Kraftstoffverbrennung wird verbessert. Bei hohen Motordrehzahlen, bei denen die Kraftstoffeinspritzzeitspanne vermindert werden muss, wird der Hub der Ventilnadel vergrößert, so dass eine Durchschlageinspritzung ausgeführt wird. Folglich trifft der Kraftstoffstrahl auf eine Wandoberfläche der Brennkammer, wodurch der Kraftstoff mit Luft gemischt wird und eine gute Verbrennung sichergestellt ist.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Ventilnadel in dem Düsenkörper angeordnet sein, ein Hub der Ventilnadel kann vermindert sein, wenn eine Voreinspritzung oder Piloteinspritzung auszuführen ist, und der Hub der Ventilnadel kann vergrößert werden, wenn eine Haupteinspritzung auszuführen ist. In diesem Aufbau ist, wenn die Voreinspritzung auszuführen ist, der Hub der Ventilnadel vermindert, um einen zerstäubten Kraftstoffstrahl zu bilden. Folglich ist eine Früh- oder Fehlzündung bzw. eine unkontrollierte Verbrennung verhindert, so dass die gewünschte Wirkung der Voreinspritzung zuverlässig erreicht werden kann.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann eine Ventilnadel in dem Düsenkörper angeordnet sein, ein Hub der Ventilnadel kann vermindert werden, wenn eine Nacheinspritzung ausgeführt werden soll, und der Hub der Ventilnadel kann vergrößert sein, wenn eine Haupteinspritzung ausgeführt werden soll. In diesem Aufbau ist, wenn die Nacheinspritzung ausgeführt werden soll, der Hub der Ventilnadel vermindert, um einen zerstäubten Strahl zu bilden. Folglich wird es möglich, unverbrannten Kraftstoff in einen Auslasskanal zuzuführen, während eine unerwünschte oder unkontrollierte Verbrennung verhindert ist.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt der Erfindung kann ein Kraftstoffeinlassdurchlass in einem Abschnitt der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet sein, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, und der Kraftstoffeinlassdurchlass kann in einer Umfangsrichtung gegenüber einer Mittelachse von einem von den mindestens einem Einspritzloch versetzt sein, das am nächsten zu dem Kraftstoffeinlassdurchlass angeordnet ist. In diesem Aufbau wird die Richtung einer Mittelachse von in der Umfangsnut gebildeten Kraftstoffwirbeln durch Kraftstoff geändert, der von dem versetzten Kraftstoffeinlassdurchlass in das minde-

stens eine Einspritzloch fließt. Im Ergebnis sind die Wirbel in der Umfangsnut schief oder schräg. Somit wird es möglich, Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut in einer noch bevorzugter Weise zu bilden als in dem zuvor als erster Aspekt der Erfindung beschriebenen Aufbau. Somit kann der hohlkegelförmige Kraftstoffstrahl auf vorteilhafte Weise erzeugt werden.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt kann eine zweite Umfangsnut düsenendseitig der Umfangsnut ausgebildet sein und die Umfangsnut und die zweite Umfangsnut können durch den Kraftstoffeinlassdurchlass verbunden sein. Dieser Aufbau verstärkt zusätzlich Ströme von Kraftstoff, die von dem versetzten Kraftstoffeinlassdurchlass in das mindestens eine Einspritzloch fließen.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt kann eine Ventilnadel in dem Düsenkörper angeordnet sein und die Ventilnadel kann mit der zweiten Umfangsnut versehen sein. Dieser Aufbau verstärkt zusätzlich Kraftstoffströme, die von dem versetzten Kraftstoffeinlassdurchlass in das mindestens eine Einspritzloch fließen.

In dem zuvor beschriebenen Aspekt kann der Kraftstoffeinlassdurchlass auf einer Mittelachse von einem von dem mindestens einen Einspritzloch ausgebildet sein, das bezüglich einer Mittelachse des Düsenkörpers im wesentlichen dem Kraftstoffeinlassdurchlass gegenüberliegend angeordnet ist.

Dieser Aufbau macht es möglich, den Kraftstoffeinlassdurchlass und das im wesentlichen gegenüberliegende Einspritzloch unter Verwendung eines einzigen Werkzeugs auszubilden. Folglich ist der Vorgang der Ausbildung des Kraftstoffeinlassdurchlasses und des mindestens einen Einspritzlochs in diesem Fall leichter gemacht als in einem Fall, in welchem die Kraftstoffeinlassdurchlässe und das mindestens eine Einspritzloch unter Verwendung separater Werkzeuge ausgebildet sind.

In dem oben beschriebenen Aspekt können der Kraftstoffeinlassdurchlass und das mindestens eine Einspritzloch durch Elektro-Entladungsbearbeitung oder Funkenerodieren ausgebildet sein, so dass ein Durchmesser des Kraftstoffeinlassdurchlasses größer ist als ein Durchmesser des mindestens einen Einspritzlochs. Weil das mindestens eine Einspritzloch und der Kraftstoffeinlassdurchlass durch Elektro-Entladungsbearbeitung ausgebildet sind, wird der Vorgang der Ausbildung des Kraftstoffeinlassdurchlasses und des mindestens einen Einspritzlochs in diesem Fall einfacher als in einem Fall, in welchem das Kraftstoffeinlassdurchlass und das mindestens eine Einspritzloch unter Verwendung separater Werkzeuge ausgebildet sind. Weil ferner der Durchmesser des Kraftstoffeinlassdurchlasses größer ist als der Durchmesser des mindestens einen Einspritzlochs, wird es möglich, kräftigere Kraftstoffströme von dem Kraftstoffeinlassdurchlass in das mindestens eine Einspritzloch zu erreichen als in einem Fall, in welchem der Durchmesser des mindestens einen Einspritzlochs gleich dem Durchmesser des Kraftstoffeinlassdurchlasses ist.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist eine Kraftstoffeinspritzdüse, in welcher eine Innenseite eines Düsenkörpers und eine Außenseite des Düsenkörpers durch mindestens ein Einspritzloch zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass eine Nut in einer inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist; dass ein Einspritzlocheinlass derart bezüglich der Nut angeordnet ist, dass ein düsenendseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses einen düsenstumpenseitigen Abschnitt der Nut überlappt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses die Nut nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt der Nut den Einspritzlocheinlass nicht überlappt;

dass ein Kraftstoffeinlassdurchlass in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist, der auf der Düsenendseite der Nut angeordnet ist; und dass der Kraftstoffeinlassdurchlass in einer Umfangsrichtung bezüglich einer Mittelachse von einem von den mindestens einem Einspritzloch versetzt ist, das am nächsten zu dem Kraftstoffeinlassdurchlass angeordnet ist.

In der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ist die Nut in der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet und der Einspritzlocheinlass ist bezüglich der Nut angeordnet, so dass der düsenendseitige Abschnitt des Einspritzlocheinlasses den düsenstumpenseitigen Abschnitt der Nut überlappt, so dass der düsenstumpenseitige Abschnitt des Einspritzlocheinlasses die Nut nicht überlappt und so dass der düsenendseitige Abschnitt der Nut den Einspritzlocheinlass nicht überlappt. Wenn folglich der Hub der Ventilnadel relativ klein ist, wird ein Raum, der zwischen einer Außenwandoberfläche der Ventilnadel und der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers begrenzt ist, kleiner als ein Raum, der in der Nut begrenzt ist, und ferner trifft ein Zustrom von Kraftstoff in die Nut auf den düsenstumpenseitigen Abschnitt der Nut, so dass in die Nut fließender Kraftstoff darin Wirbel bildet. Ferner ist der Kraftstoffeinlassdurchlass, der in dem Abschnitt der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist, der auf der Düsenendseite der Nut angeordnet ist, in Umfangsrichtung von der Mittelachse des Einspritzlochs versetzt, das am nächsten zu dem Kraftstoffeinlassdurchlass angeordnet ist. Folglich wird die Richtung einer Mittelachse von in der Nut gebildeten Kraftstoffwirbeln durch den Kraftstoff verändert, der von dem versetzten Kraftstoffeinlassdurchlass in das Einspritzloch fließt. Im Ergebnis sind die Wirbel in der Nut schiefgestellt oder schräg. Wegen des schiefen oder schrägen Zustands der Wirbel in der Nut bildet von der Nut in jedes Einspritzloch fließender Kraftstoff ebenfalls Wirbel in dem Einspritzloch. Folglich bildet aus den Einspritzlöchern eingespritzter Kraftstoff einen gleichmäßigen hohlkegelförmigen Strahl in einem Fall, in welchem die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers nicht exzentrisch ist. In einem Fall jedoch, in welchem die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist, werden Kraftstoffwirbel in der Nut abgeschwächt, jedoch werden Wirbel in jedem Einspritzloch infolge von Kraftstoff, der aus der Nut über den düsenstumpenseitigen Abschnitt in den Einspritzlocheinlass fließt, verstärkt. Im Ergebnis bildet aus den Einspritzlöchern eingespritzter Kraftstoff einen gleichmäßigen hohlkegelförmigen Strahl wie in dem Fall, in welchem die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers nicht exzentrisch ist. Kurz gesagt, wenn der Hub der Ventilnadel relativ klein ist, kann ein gleichmäßiger hohlkegelförmiger Strahl gebildet werden, unabhängig davon, ob die Ventilnadel bezüglich des Düsenkörpers exzentrisch ist. Die Bildung eines gleichmäßigen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahls ist einer Situation zuzuschreiben, in welcher der zwischen der Außenwandoberfläche der Ventilnadel und der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers begrenzte Raum kleiner ist als der Raum, der in der Nut begrenzt ist. Wenn folglich der Hub der Ventilnadel relativ groß wird, wird der hohlkegelförmige Kraftstoffstrahl nicht gebildet, sondern es tritt Durchschlagseinspritzung auf.

Die vorhergehenden und weiteren Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung deutlicher, worin gleiche Bezugszeichen verwendet sind, um gleiche Elemente zu bezeichnen, und worin:

Fig. 1 ein Teil einer Längsschnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Kraftstoffein-

spritzdüse ist;

Fig. 2A und 2B vergrößerte Ansichten eines Abschnitts der in **Fig. 1** gezeigten Kraftstoffeinspritzdüse sind, wobei der Abschnitt einen düsenendseitigen Abschnitt eines Einspritzlochs umfasst;

Fig. 3 eine Ansicht einer in **Fig. 2A und 2B** gezeigten Umfangsnut ist, welche von einer Düsenendseite gesehen ist;

Fig. 4A und 4B vergrößerte Ansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, die **Fig. 2A und 2B** entsprechende Ansichten bzw. Ansichtsdarstellungen sind;

Fig. 5A und 5B vergrößerte Ansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, die den Ansichten von **Fig. 2A und 2B** entsprechen;

Fig. 6A und 6B vergrößerte Ansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, die den Ansichten von **Fig. 2A und 2B** entsprechen;

Fig. 7A und 7B vergrößerte Ansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, die den Ansichten von **Fig. 2A und 2B** entsprechen;

Fig. 8A und 8B vergrößerte Ansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, die den Ansichten von **Fig. 2A und 2B** entsprechen;

Fig. 9A und 9B vergrößerte Ansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, die den Ansichten von **Fig. 2A und 2B** entsprechen;

Fig. 10A und 10B Teile von Längsschnittansichten einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß dem achten bis elften Ausführungsbeispiel der Erfindung sind;

Fig. 11A und 11B Kraftstoffstrahlen zeigen, die von den Kraftstoffeinspritzdüsen des achten bis elften Ausführungsbeispiels der Erfindung eingespritzt werden;

Fig. 12 einen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahl und einen Einspritzzeitpunkt des hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahls gemäß einem zwölften Ausführungsbeispiel zeigt;

Fig. 13A und 13B Teilschnittansichten eines dritten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung sind;

Fig. 14A und 14B Teilschnittansichten eines vierzehnten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung sind;

Fig. 15 eine Teilschnittansicht eines fünfzehnten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung ist;

Fig. 16A und 16B Teilschnittansichten eines sechzehnten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung sind;

Fig. 17 eine Teilschnittansicht eines siebzehnten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung ist; und

Fig. 18A und 18B Teilschnittansichten eines achtzehnten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung sind.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend genauer unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung erläutert.

Fig. 1 ist ein Teil einer Längsschnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung. **Fig. 2A und 2B** sind vergrößerte Ansichten eines Abschnitts der in **Fig. 1** gezeigten Kraftstoffeinspritzdüse, wobei der Abschnitt einen düsenendseitigen Abschnitt eines Einspritzlochs umfasst. **Fig. 3** ist eine Ansicht einer in **Fig.**

2A und 2B gezeigten Umfangsnut, welche von einer düsenendseitigen Seite gesehen ist. **Fig. 2B und 3** zeigen Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einem Einspritzloch und der Umfangsnut hervorgerufen sind. Wie in **Fig. 1 bis 3** gezeigt ist, hat ein Düsenkörper **1** Einspritzlöcher **2**, die eine Innenseite des Düsenkörpers **1** und eine Außenseite des Düsenkörpers **1** zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper **1** verbinden. Eine Umfangsnut **4** ist in einer Innenwandoberfläche des Düsenkörpers **1** ausgebildet. Wie aus **Fig. 1 bis 3** zu erkennen ist, ist ein Einlass **5** jedes Einspritzlochs **2** der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß diesem Ausführungsbeispiel bezüglich der Umfangsnut **4** derart angeordnet, dass ein düsenendseitiger Abschnitt **6** des Einspritzlocheinlasses **5** einen düsenstumpenseitigen Abschnitt **8** der Umfangsnut **4** überlappt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt **7** des Einspritzlocheinlasses **5** die Umfangsnut **4** nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt **9** der Umfangsnut **4** den Einspritzlocheinlass **5** nicht überlappt. Eine Ventilnadel **10** ist in dem Düsenkörper **1** angeordnet.

Wie in **Fig. 2A und 2B** gezeigt ist, wird, wenn der Hub der Ventilnadel **10** relativ klein ist, ein Raum zwischen einer Außenwandoberfläche der Ventilnadel **10** und der Innenwandoberfläche **3** des Düsenkörpers kleiner als ein Raum, der in der Umfangsnut **4** begrenzt ist, und ferner trifft ein Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut **4** auf den düsenstumpenseitigen Abschnitt **8** der Umfangsnut **4**, so dass in die Umfangsnut **4** fließender Kraftstoff darin Wirbel bildet. Wenn eine Mittelachse **L** (in **Fig. 3** angedeutet) von Wirbeln in der Umfangsnut **4** im wesentlichen parallel zu einer Tangentialrichtung bezüglich der Umfangsnut **4** ist, werden die Wirbel sehr instabil. Folglich ändert sich die Richtung der Mittelachse **L** der Wirbel, so dass die Wirbel in der Umfangsnut **4** einen schrägen oder schiefen Zustand einnehmen, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. Wegen des schiefen oder schrägen Zustands der Wirbel in der Umfangsnut **4** bildet von der Umfangsnut **4** in jedes Einspritzloch **2** strömender Kraftstoff ebenfalls Wirbel in dem Einspritzloch **2**, wie in **Fig. 2B und 3** gezeigt ist. Folglich bildet aus den Einspritzlöchern **2** eingespritzter Kraftstoff eine gleichmäßige hohlkegelförmige Strahlform, wenn die Ventilnadel **10** bezüglich einer Mittelachse des Düsenkörpers **1** nicht exzentrisch ist. Wenn die Ventilnadel **10** jedoch bezüglich der Mittelachse des Düsenkörpers **1** exzentrisch ist, werden die Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut **4** geschwächt, aber die Wirbel werden in jedem Einspritzloch **2**, infolge des aus der Umfangsnut **4** in den Einspritzlocheinlass **5** über seinen düsenstumpenseitigen Abschnitt **7** strömenden Kraftstoffs, verstärkt. Im Ergebnis bildet aus den Einspritzlöchern **2** eingespritzter Kraftstoff eine gleichmäßige hohlkegelförmige Strahlform wie in dem Fall, in welchem die Ventilnadel **10** bezüglich der Mittelachse des Düsenkörpers **1** nicht exzentrisch ist.

Wenn in diesem Ausführungsbeispiel der Hub der Ventilnadel **10** relativ klein ist, kann ein gleichmäßiger hohlkegelförmiger Strahl gebildet werden, unabhängig davon, ob die Ventilnadel **10** bezüglich des Düsenkörpers **1** exzentrisch ist. Die Bildung eines gleichmäßigen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahls ist einer Situation zuzuschreiben, in welcher der zwischen der Außenwandoberfläche der Ventilnadel **10** und der Innenwandoberfläche **3** des Düsenkörpers begrenzte Raum kleiner ist als der in der Umfangsnut **4** begrenzte Raum. Wenn folglich der Hub der Ventilnadel **10** relativ groß wird, wird der hohlkegelförmige Kraftstoffstrahl nicht erzielt, sondern es tritt eine Eindring- oder Durchschlagseinspritzung von den Einspritzlöchern **2** auf.

Fig. 4A und 4B zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in vergröß-

Berten Ansichten entsprechend jenen von Fig. 2A und 2B. Fig. 4B zeigt Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einer Umfangsnut und einem Einspritzloch hervorgerufen sind. In Fig. 4A und 4B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 3 gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 3 verwendet sind. In einem Düsenkörper 101 sind eine Innenseite des Düsenkörpers 101 und eine Außenseite des Düsenkörpers 101 verbindende Einspritzlöcher 102 vorgesehen, um Kraftstoff aus dem Düsenkörper 101 einzuspritzen. Eine Umfangsnut 104 ist in einer Innenwandoberfläche 103 des Düsenkörpers 101 ausgebildet. Wie aus Fig. 4A und 4B zu erkennen ist, ist ein Einlass 105 jedes Einspritzlochs 102 der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels bezüglich der Umfangsnut 104 derart angeordnet, dass der düsenendseitige Abschnitt 106 des Einspritzlocheinlasses 105 einen düsenstumpenseitigen Abschnitt 108 der Umfangsnut 104 überlappt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt 107 des Einspritzlocheinlasses 105 die Umfangsnut 104 nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt 109 der Umfangsnut 104 den Einspritzöffnungseinlass 105 nicht überlappt. In der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels ist ein Abschnitt einer Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 108 der Umfangsnut 104, wobei der Abschnitt mit der Innenwandoberfläche 103 des Düsenkörpers fortlaufend ist, so ausgebildet, dass er in einer Richtung eines Radius des Düsenkörpers 101 auswärts zeigt.

In diesem Ausführungsbeispiel wird Kraftstoff, der über den Abschnitt der Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 108 der Umfangsnut 104 in Fortsetzung zu der inneren Wandoberfläche 103 des Düsenkörpers in die Umfangsnut 104 fließt, entlang einer Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 108 der Umfangsnut 104, der relativ zu dem Düsenkörper 101 in einer radial auswärtigen Richtung zeigt, geführt. Folglich bilden sich in diesem Ausführungsbeispiel die Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut 104 schneller oder bereitwilliger als in dem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 5A und 5B zeigen ein drittes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse der Erfindung in vergrößerten Ansichten entsprechend jenen von Fig. 2A und 2B. Fig. 5B zeigt Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einer Umfangsnut und einem Einspritzloch hervorgerufen sind. In Fig. 5A und 5B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 4B gezeigten sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 4B verwendet sind. Ein Düsenkörper 201 hat Einspritzlöcher 202, die eine Innenseite des Düsenkörpers 201 und eine Außenseite des Düsenkörpers 201 zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper 201 verbinden. Eine Umfangsnut 204 ist in einer inneren Wandoberfläche 203 des Düsenkörpers 201 ausgebildet. Wie aus Fig. 5A und 5B zu erkennen ist, ist ein Einlass 205 jedes Einspritzlochs 202 der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels bezüglich der Umfangsnut 204 so angeordnet, dass ein düsenendseitiger Abschnitt 206 des Einspritzlocheinlasses 205 einen düsenstumpenseitigen Abschnitt 208 der Umfangsnut 204 überlappt, ein düsenstumpenseitiger Abschnitt 207 des Einspritzlocheinlasses 205 die Umfangsnut 204 nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt 209 der Umfangsnut 204 den Einspritzlocheinlass 205 nicht überlappt. In der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels ist eine Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 208 der Umfangsnut 204 so geformt, dass, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß Fig. 5A und 5B gesehen, eine Kontur der Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 208 eine sanfte konkave Kurve bildet.

Weil dieses Ausführungsbeispiel die sanfte konkave Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 208 der Umfangsnut 204 hat, wird in die Umfangsnut 204 fließender Kraftstoff entlang der sanften konkaven Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts 208 der Umfangsnut 204 geführt. Folglich bilden sich in diesem Ausführungsbeispiel Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut 204 leichter oder bereitwilliger als in dem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 6A und 6B zeigen ein viertes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in vergrößerten Ansichten entsprechend jenen von Fig. 2A und 2B. Fig. 6B zeigt Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einer Umfangsnut und einem Einspritzloch hervorgerufen sind. In Fig. 6A und 6B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 5B gezeigten sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 5B verwendet sind. In einem Düsenkörper 301 sind Einspritzlöcher 302, die eine Innenseite des Düsenkörpers 301 und eine Außenseite des Düsenkörpers 301 verbinden, vorgesehen, um Kraftstoff aus dem Düsenkörper 301 einzuspritzen. Eine Umfangsnut 304 ist in einer inneren Wandoberfläche 303 des Düsenkörpers 301 ausgebildet. Wie aus Fig. 6A und 6B zu erkennen ist, ist ein Einlass 305 jedes Einspritzlochs 305 der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels bezüglich der Umfangsnut 304 derart angeordnet, dass ein düsenendseitiger Abschnitt 306 des Einspritzlocheinlasses 305 einen düsenstumpenseitigen Abschnitt 308 der Umfangsnut 304 überdeckt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt 307 des Einspritzlocheinlasses 305 die Umfangsnut 304 nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt 309 der Umfangsnut 304 den Einspritzlocheinlass 305 nicht überlappt. Eine schräge Fläche oder Schrägfläche 311 ist zwischen einer Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts 309 der Umfangsnut 304 und einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche 303 des Düsenkörpers ausgebildet, die auf der Düsenendseite der Umfangsnut 304 angeordnet ist.

Wie aus Fig. 6A und 6B deutlich wird, ist in der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels der Winkel der Schrägfläche 311 bezüglich einer Mittelachse des Düsenkörpers 301 auf einen Winkel festgelegt, der zwischen dem Winkel der inneren Wandoberfläche 303 des Düsenkörpers bezüglich der Mittelachse des Düsenkörpers 301 und dem Winkel der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts 309 der Umfangsnut 304 bezogen auf die Mittelachse des Düsenkörpers 301 liegt. Folglich verbindet die Schrägfläche 311 die Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts 309 der Umfangsnut 304 mit dem Abschnitt der inneren Wandoberfläche 303 des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut 304 angeordnet ist.

In diesem Ausführungsbeispiel erleichtert die Schrägfläche 311 den Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut 304. Folglich bilden sich in diesem Ausführungsbeispiel Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut 304 schneller oder bereitwilliger als in dem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 7A und 7B zeigen ein fünftes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in vergrößerten Ansichten entsprechend jenen von Fig. 2A und 2B. Fig. 7B zeigt Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einer Umfangsnut und einem Einspritzloch erzeugt sind. In Fig. 7A und 7B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 6B gezeigten sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 6B verwendet sind. Ein Düsenkörper 401 hat Einspritzlöcher 402, die eine Innenseite des Düsenkörpers 401 und eine Außenseite des Düsenkörpers 401 zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper 401 verbinden. Eine Umfangsnut 404

ist in einer inneren Wandoberfläche 403 des Düsenkörpers 401 ausgebildet. Wie aus Fig. 7A und 7B zu ersehen ist, ist ein Einlass 504 jedes Einspritzlochs 402 der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß diesem Ausführungsbeispiel bezüglich der Umfangsnut 404 derart angeordnet, dass ein düsenendseitiger Abschnitt 406 des Einspritzlocheinlasses 405 einen düsenstumpfenabschnitt 408 der Umfangsnut 404 überlappt, dass ein düsenstumpfenabschnitt 407 des Einspritzlocheinlasses 405 die Umfangsnut 404 nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt 409 der Umfangsnut 404 den Einspritzlocheinlass 405 nicht überlappt. Der düsenendseitige Abschnitt 409 der Umfangsnut 404 und ein Abschnitt der inneren Wandoberfläche 403 des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut 404 angeordnet ist, sind durch einen gerundeten Verbindungsabschnitt 412 verbunden. Wie in Fig. 7A und 7B gezeigt ist, sind in der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels der düsenendseitige Abschnitt 409 der Umfangsnut 404 und der Abschnitt der inneren Wandoberfläche 403 des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut 404 angeordnet ist, derart verbunden, dass in einer Längsschnittansicht der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß Fig. 7A und 7B eine Kontur der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts 409 der Umfangsnut 404 und eine Kontur des Abschnitts der inneren Wandoberfläche 403 des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut 404 angeordnet ist, sanft durch eine sanfte konvexe Kurve des gerundeten Verbindungsabschnitts 412 verbunden sind.

Weil in diesem Ausführungsbeispiel eine Kontur der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts 409 der Umfangsnut 404 und eine Kontur des Abschnitts der inneren Wandoberfläche 403 des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut 404 angeordnet ist, sanft durch eine sanfte konvexe Kurve des gerundeten Verbindungsabschnitts 412 verbunden sind, ist der Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut 404 erleichtert. Folglich bilden sich in diesem Ausführungsbeispiel Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut 404 leichter oder schneller als in dem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 8A und 8B zeigen ein sechstes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in vergrößerten Ansichten entsprechend jenen von Fig. 2A und 2B. Fig. 8B zeigt Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einer Umfangsnut und einem Einspritzloch hervorgerufen sind. In Fig. 8A und 8B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich den in Fig. 1 bis 7B gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 7B verwendet sind. Eine Ventalnadel 510 hat einen Vorsprung 513, der in der Umfangsnut 4 aufgenommen ist, wenn die Ventalnadel 510 in einer geschlossenen Ventilstellung ist.

Wenn in diesem Ausführungsbeispiel die Ventalnadel 510 in der geschlossenen Ventilstellung ist, gelangt der Vorsprung 513 in die Umfangsnut 4. Folglich ist die Kapazität oder das Fassungsvermögen eines Kraftstoffdurchlasses stromabwärts eines Ventilsitzabschnitts (nicht gezeigt, jedoch oberhalb des in Fig. 8A und 8B gezeigten Abschnitts angeordnet) vermindert, verglichen mit dem ersten Ausführungsbeispiel, in welchem ein solcher Vorsprung nicht vorgesehen ist. Im Ergebnis nimmt die in dem Kraftstoffdurchlass stromabwärts des Ventilsitzabschnitts verbleibende Kraftstoffmenge ab, wenn die Ventalnadel 510 geschlossen ist. Folglich kann eine Verschlechterung der Kohlenwasserstoffemissionen vermindert werden, die dadurch hervorgerufen sind, dass Restkraftstoff infolge eines Unterdrucks außerhalb des Düsenkörpers aus dem Düsenkörper gesaugt wird. Wenn die Ventalnadel 510 geöffnet ist, ist der Zustrom von Kraftstoff in die Umfangsnut 4 durch den Vorsprung 513 erleichtert, wie aus Fig. 8B zu verstehen ist. Folglich

bilden sich in diesem Ausführungsbeispiel Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut schneller oder leichter als in dem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 9A und 9B zeigen ein siebtes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in vergrößerten Ansichten entsprechend jenen von Fig. 2A und 2B. Fig. 9B zeigt Wirbel, die durch Kraftstoffströme in einer Umfangsnut und einem Einspritzloch hervorgerufen sind. In Fig. 9A und 9B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 8B gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 8B verwendet sind. Eine Ventalnadel 610 hat einen Vorsprung 613, der in einer Umfangsnut 4 aufgenommen ist, wenn die Ventalnadel 610 in einer geschlossenen Ventilstellung ist. Wie in Fig. 9A und 9B gezeigt ist, ist ein düsenstumpfenabschnitt 614 des Vorsprungs 613 so geformt, dass, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine Kontur der Wandoberfläche des düsenstumpfenabschnitts 614 des Vorsprungs 613 eine sanfte konkave Kurve bildet.

In diesem Ausführungsbeispiel ist der düsenstumpfenabschnitt 614 des Vorsprungs 613 so geformt, dass eine Kontur der Wandoberfläche des düsenstumpfenabschnitts 614 des Vorsprungs 613 eine sanfte konkave Kurve ist. Wenn folglich die Ventalnadel 610 geöffnet ist (wie in Fig. 9B gezeigt ist), macht es der düsenstumpfenabschnitt 614 des Vorsprungs 613 in diesem Ausführungsbeispiel dem Kraftstoff leichter, in die Umfangsnut 4 zu strömen als in dem sechsten Ausführungsbeispiel. Folglich bilden sich in diesem Ausführungsbeispiel Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut 4 leichter oder bereitwilliger als in dem sechsten Ausführungsbeispiel.

Fig. 10A und 10B zeigen ein achttes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in geschnittenen Teilansichten entsprechend Fig. 1. Fig. 11A und 11B zeigen von einer Kraftstoffeinspritzdüse eingespritzte Kraftstoffstrahlen. Fig. 10A zeigt einen Zustand der Kraftstoffeinspritzdüse bei einem relativ kleinen Hub einer Ventalnadel. Fig. 11A zeigt einen Kraftstoffstrahl, der von der Kraftstoffeinspritzdüse bei einem relativ kleinen Ventilhadenhub eingespritzt wird. Fig. 10B zeigt einen Zustand der Kraftstoffeinspritzdüse mit einem relativ großen Ventilhadenhub. Fig. 11B zeigt einen Kraftstoffstrahl, der von der Kraftstoffeinspritzdüse mit einem relativ großen Ventilhadenhub eingespritzt wird. In Fig. 10A und 10B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 verwendet sind. Fig. 11A zeigt einen hohlkegelförmigen Strahl 700 aus Kraftstoff, der durch eine Kraftstoffeinspritzdüse 750 gebildet ist. Fig. 11B zeigt einen Strahl 701, der durch Durchschlageinspritzung gebildet ist, die durch die Kraftstoffeinspritzdüse 750 ausgeführt ist. Ein Kolben 751 hat eine Brennkammer 752.

In diesem Ausführungsbeispiel ist, während eines Niedriglastbetriebs der Brennkraftmaschine, während dem die erforderliche einzuspritzende Kraftstoffmenge relativ klein ist, der Hub der Ventalnadel 10 vermindert, so dass der hohlkegelförmige Strahl 700, d. h. ein zerstäubter Strahl, gebildet wird, wie in Fig. 10A und 11A gezeigt ist. Der hohlkegelförmige Strahl 700 unterstützt die Mischung von Kraftstoff mit Luft und verbessert folglich die Kraftstoffverbrennung. Weil ferner die Einspritzflussrate vermindert ist, kann die Einspritzzeitspanne im Fall eines relativ kleinen Hubs der Ventalnadel 10 länger gewählt werden als in einem Fall eines relativ großen Hubs der Ventalnadel 10. Während eines Hochlastbetriebs der Brennkraftmaschine ist der Hub der Ventalnadel 10 vergrößert, so dass eine Durchschlageinspritzung ausgeführt wird und der Strahl 701 auf der Durchschlageinspritzung basierend gebildet wird, wie in Fig.

10B und 11B gezeigt ist. Der Strahl 701 trifft auf eine Wandoberfläche der Brennkammer 752, wodurch der Kraftstoff mit Luft vermischt wird und eine gute Verbrennung sichergestellt ist.

Ein neuntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung wird nachfolgend beschrieben. Eine Kraftstoffeinspritzdüse gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist im wesentlichen gleich der Kraftstoffeinspritzdüse des achten Ausführungsbeispiels, die in Fig. 10A und 10B gezeigt ist, und kann Kraftstoffstrahlen bilden, die im wesentlichen gleich den Strahlen in dem achten Ausführungsbeispiel sind, die in Fig. 11A und 11B gezeigt sind. In dem neunten Ausführungsbeispiel ist bei niedriger Motordrehzahl, wobei relativ lange Kraftstoffeinspritzzeitspannen sichergestellt werden können, der Hub der Ventilmadel 10 vermindert, um die Kraftstoffeinspritzrate zu verringern, so dass der hohlkegelförmige Strahl 700 gebildet wird, wie er in Fig. 10A und 11A gezeigt ist. Folglich ist die Vermischung von Kraftstoff mit Luft unterstützt und die Kraftstoffverbrennung ist verbessert. Bei hohen Motordrehzahlen, wobei die Kraftstoffeinspritzzeitspanne vermindert werden muss, wird der Hub der Ventilmadel 10 vergrößert, so dass die Durchschlagseinspritzung ausgeführt wird und der auf der Durchschlagseinspritzung basierende Strahl 701 gebildet wird, wie in Fig. 10B und 11B gezeigt ist. Folglich trifft der Strahl 701 auf die Wandoberfläche der Brennkammer 752, wodurch Kraftstoff mit Luft vermischt wird und eine gute Verbrennung sichergestellt ist.

Ein zehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung wird nachfolgend beschrieben. Eine Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels ist im wesentlichen gleich der Kraftstoffeinspritzdüse des achten Ausführungsbeispiels, das in Fig. 10A und 10B gezeigt ist, und kann Kraftstoffstrahlen bilden, die im wesentlichen gleich den Strahlen in dem achten Ausführungsbeispiel sind, die in Fig. 11A und 11B gezeigt sind. In dem zehnten Ausführungsbeispiel ist, wenn eine Kraftstoffvoreinspritzung (Piloteinspritzung) ausgeführt wird, der Hub der Ventilmadel 10 vermindert, um den hohlkegelförmigen Strahl 700 zu bilden, wie in Fig. 10A und 11A gezeigt ist. Folglich wird eine unkontrollierte Verbrennung oder Frühzündung verhindert, so dass der gewünschte Effekt der Voreinspritzung zuverlässig erreicht werden kann. Wenn die Kraftstoffhaupteinspritzung ausgeführt wird, wird der Hub der Ventilmadel 10 vergrößert, wie in Fig. 10B und 11B gezeigt ist.

Ein elftes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung wird nachfolgend beschrieben. Eine Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels ist im wesentlichen gleich der Kraftstoffeinspritzdüse des achten Ausführungsbeispiels, wie in Fig. 10A und 10B gezeigt ist, und kann Kraftstoffstrahlen bilden, die im wesentlichen gleich den Strahlen in dem achten Ausführungsbeispiel sind, die in Fig. 11A und 11B gezeigt sind. Wenn in dem elften Ausführungsbeispiel eine Kraftstoffnacheinspritzung ausgeführt wird, ist der Hub der Ventilmadel 10 vermindert, um einen hohlkegelförmigen Strahl 700 zu bilden, wie in Fig. 10A und 11A gezeigt ist. Folglich wird es möglich, unverbrannten Kraftstoff in einen Auslasskanal zuzuführen, während eine unkontrollierte Verbrennung oder Fehlzündung vermieden ist. Wenn die Kraftstoffhaupteinspritzung ausgeführt wird, ist der Hub der Ventilmadel 10 vergrößert, wie in Fig. 10B und 11B gezeigt ist.

Ein zwölftes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung wird nachfolgend beschrieben. Eine Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels ist im wesentlichen gleich der Kraftstoffeinspritzdüse des achten Ausführungsbeispiels, wie in Fig. 10A und 10B gezeigt ist, und kann Kraftstoffstrahlen bilden, die im wesentlichen

gleich den Kraftstoffstrahlen des achten Ausführungsbeispiels sind, wie in Fig. 11A und 11B gezeigt ist. Fig. 12 zeigt einen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahl und einen Einspritzzeitpunkt des hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahls gemäß dem zwölften Ausführungsbeispiel. In diesem Ausführungsbeispiel ist in einem Niedriglast- und Niedrigdrehzahlbereich des Brennkraftmaschinenbetriebs, in welchem eine homogene Vormischungsverbrennung (Schichtladebetrieb) durchführbar ist, der Hub der Ventilmadel 10 vermindert und die Kraftstoffeinspritzung wird zu einem frühen Zeitpunkt vor der Verdichtung des Luft-Kraftstoff-Gemischs ausgeführt, wie in Fig. 10A und 12 gezeigt ist. In einem Hochlast- und Hochdrehzahlbereich des Brennkraftmaschinenbetriebs, in welchem die homogene Vormischungsverbrennung nicht ausführbar ist, ist der Hub der Ventilmadel 10 vergrößert und es wird eine normale Kraftstoffeinspritzung ausgeführt, d. h. Kraftstoff wird etwa am oberen Verdichtungstotpunkt eingespritzt, wie in Fig. 10A und 11B gezeigt ist.

Fig. 13A und 13B zeigen ein dreizehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung. Fig. 13A ist ein Teil einer Längsschnittansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß dem Ausführungsbeispiel entsprechend der in Fig. 1 gezeigten Ansicht. Fig. 13B ist eine Ansicht einer inneren Wandoberfläche 3 eines Düsenkörpers, von der Düsenendseite oder Rückseite gesehen. In Fig. 13A und 13B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 12 sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 12 verwendet sind. Ein Düsenkörper 801 hat Kraftstoffeinlassdurchlässe 816, die in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers ausgebildet sind, der auf der Düsenendseite einer Umfangsnut 4 angeordnet ist. Wie in Fig. 13A und 13B gezeigt ist, ist jeder Kraftstoffeinlassdurchlass 816 in einer Umfangsrichtung gegenüber einer Mittelachse L1-L6 von einem der Einspritzlöcher 2 versetzt, das am dichtesten an dem Kraftstoffeinlassdurchlass 816 ist, d. h. eines benachbarten Einspritzlochs 2. Vorzugsweise ist jeder Kraftstoffeinlassdurchlass 816 auf der Mittelachse L1-L6 eines Einspritzlochs 2 ausgebildet, das bezüglich einer Mittelachse 0 des Düsenkörpers 801 dem Kraftstoffeinlassdurchlass 816 gegenüberliegend angeordnet ist.

In diesem Ausführungsbeispiel ist jeder Kraftstoffeinlassdurchlass 816, der in dem Abschnitt der inneren Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers ausgebildet ist, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut 4 angeordnet ist, gegenüber der Mittelachse L1-L6 des Einspritzlochs 2 in der Umfangsrichtung versetzt, das am nächsten zu dem Kraftstoffeinlassdurchlass 816 angeordnet ist. Folglich wird die Richtung einer Mittelachse L (siehe Fig. 3) von Kraftstoffwirbeln, die in der Umfangsnut 4 gebildet sind, durch Kraftstoff verändert, der aus jedem Kraftstoffeinlassdurchlass 816, der von der Mittelachse seines benachbarten Einspritzlochs 2 versetzt ist, in das Einspritzloch 2 fließt. Im Ergebnis werden die Wirbel in der Umfangsnut 4 schräggestellt oder geneigt, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Somit ist die Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels in der Lage, stärker geneigte Kraftstoffwirbel in der Umfangsnut 4 zu bilden als die Kraftstoffeinspritzdüse gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, so dass die Bildung von Wirbeln in den Einspritzlöchern 2 weiter sichergestellt ist. Somit ist die Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels in der Lage, einen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahl zuverlässiger zu bilden.

Fig. 14A und 14B zeigen ein vierzehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung. Fig. 14A ist ein Teil einer Längsschnittansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß dem Ausführungsbeispiel entspre-

chend der in **Fig. 13A** gezeigten Ansicht. **Fig. 14B** ist eine Ansicht einer inneren Wandoberfläche **3** eines Düsenkörpers, die von einer Düsenkörperendseite oder Rückseite gesehen ist, ähnlich **Fig. 13B**. In **Fig. 14A** und **14B** sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich denen in **Fig. 1** bis **13B** gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in **Fig. 1** bis **13B** verwendet sind. Ein Düsenkörper **901** hat eine zweite Umfangsnut **917**, die sich in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche **3** des Düsenkörpers erstreckt, der düsenendseitig einer Umfangsnut **4** angeordnet ist. Wie in **Fig. 14A** und **14B** gezeigt ist, sind die Umfangsnut **4** und die zweite Umfangsnut **917** durch Kraftstoffeinlassdurchlässe **816** verbunden.

In diesem Ausführungsbeispiel ist die Umfangsnut **4** mit der zweiten Umfangsnut **917**, die düsenendseitig der Umfangsnut **4** ausgebildet ist, über die Kraftstoffeinlassdurchlässe **816** verbunden. Folglich können in der Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels stärkere Kraftstoffströme aus den Kraftstoffeinlassdurchlässen, die bezüglich ihrer benachbarten Einspritzlöcher **2** versetzt sind, in die Einspritzlöcher **2** erhalten werden als mit der Kraftstoffeinspritzdüse des dreizehnten Ausführungsbeispiels. Folglich kann die Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels kräftigere Kraftstoffwirbel in den Einspritzlöchern **2** bilden als die Kraftstoffeinspritzdüsen des dreizehnten Ausführungsbeispiels.

Fig. 15 zeigt ein fünfzehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung in einer Teillängsschnittansicht entsprechend **Fig. 14A**. In **Fig. 15** sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in **Fig. 1** bis **14** gezeigten sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in **Fig. 1** bis **14** verwendet sind. Eine Ventilnadel **1010** hat eine zweite Umfangsnut **1018**, die sich in einem Abschnitt einer Außenwandoberfläche der Ventilnadel **1010** erstreckt, der auf der Düsenendseite einer Umfangsnut **4** angeordnet ist. Wie in **Fig. 15** gezeigt ist, sind die Umfangsnut **4** und die zweite Umfangsnut **1018** über Kraftstoffeinlassdurchlässe **816** miteinander verbunden.

Mit diesem Ausführungsbeispiel werden im wesentlichen die gleichen Vorteile erreicht wie mit dem vierzehnten Ausführungsbeispiel. Weil ferner die zweite Umfangsnut **1018** in der Außenwandoberfläche der Ventilnadel **1010** anstatt in der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers **801** ausgebildet ist, gestattet die Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels ein einfacheres Verfahren zur Ausbildung der zweiten Umfangsnut als in der Kraftstoffeinspritzdüse des vierzehnten Ausführungsbeispiels.

Fig. 16A und **16B** zeigen ein sechzehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung. **Fig. 16A** ist eine Teillängsschnittansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß dem Ausführungsbeispiel entsprechend der in **Fig. 13A** gezeigten Ansicht. **Fig. 16B** ist eine Ansicht einer inneren Wandoberfläche **3** eines Düsenkörpers von der Düsenendseite oder Düsenrückseite aus gesehen, d. h. eine Ansicht entsprechend **Fig. 13B**. In **Fig. 16A** und **16B** sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in **Fig. 1** bis **15** gezeigten sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in **Fig. 1** bis **15** verwendet sind. Ein Düsenkörper **1101** hat Einspritzlöcher **1102**, die eine Innenseite des Düsenkörpers **1101** und eine Außenseite des Düsenkörpers **1101** zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper **1101** miteinander verbinden. Kraftstoffeinlassdurchlässe **1116** sind in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche **3** des Düsenkörpers ausgebildet, der auf der Düsenendseite einer Umfangsnut **4** angeordnet ist.

Wie in **Fig. 16B** gezeigt ist, ist jeder Kraftstoffeinlassdurchlass **1116** auf einer Mittelachse eines Einspritzlochs **1102** ausgebildet, das bezüglich einer Mittelachse **O** des Dü-

slenkörpers **1101** dem Kraftstoffeinlassdurchlass **1116** gegenüberliegend angeordnet ist, wie in dem dreizehnten Ausführungsbeispiel, das in **Fig. 13B** gezeigt ist. Dies bedeutet, dass der Kraftstoffeinlassdurchlass **1116a** gleichzeitig mit der Ausbildung eines entsprechenden Einspritzlochs **1102a** ausgebildet werden kann, indem das gleiche Werkzeug verwendet wird, das für das Einspritzloch **1102a** verwendet ist. Gleichmaßen können die Kraftstoffeinlassdurchlässe **1106b** bis **1106f** gleichzeitig mit der Ausbildung der entsprechenden Einspritzlöcher **1102b** bis **1102f** ausgebildet werden, indem das gleiche Werkzeug verwendet wird, das für die Einspritzlöcher **1102b** bis **1102f** verwendet wird.

In diesem Ausführungsbeispiel ist jeder Kraftstoffeinlassdurchlass **1116** auf der Mittelachse des Einspritzlochs **1102** ausgebildet, das bezüglich der Mittelachse **O** des Düsenkörpers **1101** dem Kraftstoffeinlassdurchlass **1116** gegenüberliegend angeordnet ist, so dass der Kraftstoffeinlassdurchlass **1116** und das gegenüberliegende Einspritzloch **1102** unter Verwendung eines einzelnen Werkzeugs ausgebildet werden können. Folglich ist das Verfahren zur Ausbildung der Kraftstoffeinlassdurchlässe **1116** und der Einspritzlöcher **1102** in diesem Ausführungsbeispiel einfacher als in einem Fall, in welchem Kraftstoffeinlassdurchlässe und Einspritzlöcher unter Verwendung verschiedener Werkzeuge ausgebildet sind.

Fig. 17 zeigt ein siebzehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung. Genauer gesagt, **Fig. 17** ist eine Teillängsschnittansicht entsprechend **Fig. 13A**. In **Fig. 17** sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in **Fig. 1** bis **10** gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in **Fig. 1** bis **10** verwendet sind. Ein Düsenkörper **1201** hat Einspritzlöcher **1202**, die eine Innenseite des Düsenkörpers **1201** und eine Außenseite des Düsenkörpers **1201** zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper **1201** miteinander verbinden. Kraftstoffeinlassdurchlässe **1216** sind in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche **3** des Düsenkörpers ausgebildet, der auf der Düsenendseite einer Umfangsnut **4** angeordnet ist. Die Einspritzlöcher **1202** und die Kraftstoffeinlassdurchlässe **1216** sind durch Elektro-Entladungsbearbeitung (Funkenerosion oder dergleichen) gebildet, so dass ein Durchmesser **D2** jedes Kraftstoffeinlassdurchlasses **1216** größer wird als ein Durchmesser **D1** eines entsprechenden Einspritzlochs **1202**, wie in **Fig. 17** gezeigt ist. Dies bedeutet, dass jedes Einspritzloch **1202** und der entsprechende Kraftstoffeinlassdurchlass **1216** geformt sind, indem ein Werkzeug um einen Abschnitt davon verschwenkt wird, der an einen Einspritzlochauslass angrenzt oder dicht daran angeordnet ist (gegenüber einem Einspritzlocheinlass **5**).

Weil in diesem Ausführungsbeispiel die Einspritzlöcher **1202** und die Kraftstoffeinlassdurchlässe **1216** durch Elektro-Entladungsbearbeitung gebildet sind, ist es leichter die Einspritzlöcher **1202** und die Kraftstoffeinlassdurchlässe **1216** zu bilden als in einem Fall, in welchem Kraftstoffeinlassdurchlässe und Einspritzlöcher unter Verwendung separater Werkzeuge ausgebildet sind. Weil ferner der Durchmesser **D2** der Kraftstoffeinlassdurchlässe **1216** größer ist als der Durchmesser **D1** der Einspritzlöcher **1202**, kann die Kraftstoffeinspritzdüse dieses Ausführungsbeispiels stärkere Kraftstoffströme von den Kraftstoffeinlassdurchlässen **1216**, die jeweils bezüglich der Mittelachse ihres benachbarten Einspritzlochs **1202** versetzt sind, in die Einspritzlöcher **1202** verwirklichen, verglichen mit einer Kraftstoffeinspritzdüse, in welcher der Durchmesser der Einspritzlöcher gleich dem Durchmesser der Kraftstoffeinlassdurchlässe ist.

Fig. 18A und **18B** zeigen ein achtzehntes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzdüse gemäß der Erfindung. **Fig. 18A** ist ein Teil einer Längsschnittansicht einer Kraft-

stoffeinspritzdüse gemäß dem Ausführungsbeispiel ähnlich der in Fig. 1 gezeigten Ansicht. Fig. 18B ist eine Ansicht einer Innenwandoberfläche 3 eines Düsenkörpers, von einer Düsenendseite oder Düsenkörperrückseite aus gesehen. In Fig. 18A und 18B sind Teile oder Abschnitte, die im wesentlichen gleich jenen in Fig. 1 bis 17 gezeigten sind, durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, die in Fig. 1 bis 17 verwendet sind. Ein Düsenkörper 1301 hat eine Nut 1304, die sich in die innere Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers erstreckt. Wie aus Fig. 18A und 18B zu ersehen ist, ist ein Einlass 5 jedes Einspritzlochs 2 bezüglich der Nut 1304 derart angeordnet, dass ein düsenendseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses 5 einen düsenstumpenseitigen Abschnitt der Nut 1304 überlappt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses 5 die Nut 1304 nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt der Nut 1304 den Einspritzlocheinlass 5 nicht überlappt. Kraftstoffeinlassdurchlässe 816 sind in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers ausgebildet, der auf der Düsenendseite der Nut 1304 angeordnet ist. Jeder Kraftstoffeinlassdurchlass 816 ist in einer Umfangsrichtung gegenüber einer Mittelachse L1-L6 von einem der Einspritzlöcher 2 versetzt, das dem Kraftstoffeinlassdurchlass 816 am nächsten ist, d. h. ein benachbartes Einspritzloch 2.

Wenn in diesem Ausführungsbeispiel der Hub der Ventildüse 10 relativ klein ist, wird ein Raum, der zwischen einer Außenwandoberfläche der Ventildüse 10 und der inneren Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers begrenzt ist, kleiner als ein Raum, der in der Nut 1304 begrenzt ist, und ferner trifft der Zustrom von Kraftstoff in die Nut 1304 auf den düsenstumpenseitigen Abschnitt der Nut 1304, d. h. den düsenstumpenseitigen Abschnitt jedes Einspritzlocheinlasses 5, so dass in die Nut 1304 strömender Kraftstoff darin Wirbel bildet (siehe Fig. 2B). Ferner ist jeder in dem Abschnitt der inneren Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Nut 1304 angeordnet ist, ausgebildeter Kraftstoffeinlassdurchlass 816 in Umfangsrichtung gegenüber der Mittelachse L1-L6 des Einspritzlochs 2, das den Kraftstoffeinlassdurchlass 816 am nächsten angeordnet ist, versetzt. Folglich wird die Richtung einer Mittelachse L (siehe Fig. 3) von in der Nut 1304 gebildeten Kraftstoffwirbeln durch Kraftstoff verändert, der von jedem Kraftstoffeinlassdurchlass 816, der gegenüber der Mittelachse seines benachbarten Einspritzlochs versetzt ist, in das Einspritzloch 2 strömt. Im Ergebnis werden die Wirbel in der Nut 1304 geneigt oder schräggestellt (wie in Fig. 3 gezeigt ist). Wegen des schiefen oder schrägen Zustands der Wirbel in der Nut 1304 bildet aus der Nut 1304 in jedes Einspritzloch 2 strömender Kraftstoff zudem Wirbel in dem Einspritzloch. Folglich bildet aus den Einspritzlöchern 2 eingespritzter Kraftstoff eine gleichmäßige hohlkegelförmige Strahlform in einem Fall, in welchem die Ventildüse 10 bezüglich des Düsenkörpers 1301 exzentrisch ist, werden Kraftstoffwirbel in der Nut 1304 abgeschwächt, jedoch werden Wirbel in jedem Einspritzloch 2 verstärkt infolge von Kraftstoff, der aus der Nut 1302 über den düsenstumpenseitigen Abschnitt in den Einspritzlocheinlass 5 strömt. Im Ergebnis bildet aus den Einspritzlöchern 2 eingespritzter Kraftstoff eine gleichmäßige hohlkegelförmige Strahlform, wie in dem Fall, in welchem die Ventildüse 10 bezüglich des Düsenkörpers 1301 nicht exzentrisch ist. Dies bedeutet, dass, wenn der Hub der Ventildüse 10 relativ klein ist, ein gleichmäßiger hohlkegelförmiger Strahl gebildet werden kann, unabhängig davon, ob die Ventildüse 10 bezüglich des Düsenkörpers 1301 exzentrisch ist. Die Bildung eines gleichmäßigen hohlkegelförmigen Kraftstoffstrahls ist einer Situation zuzuschreiben, in welcher der zwi-

schen der äußeren Wandoberfläche der Ventildüse 10 und der inneren Wandoberfläche 3 des Düsenkörpers begrenzte Raum kleiner ist als der in der Nut 1304 begrenzte Raum. Wenn folglich der Hub der Ventildüse 10 relativ groß wird, wird der hohlkegelförmige Kraftstoffstrahl nicht gebildet, sondern es tritt Durchschlagseinspritzung auf.

Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf derzeit bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist anzumerken, dass die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele oder Konstruktionen beschränkt ist. Im Gegenteil, die vorliegende Erfindung soll verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen abdecken. Während die verschiedenen Elemente der beschriebenen Erfindung in verschiedenen Kombinationen und Konfigurationen gezeigt sind, die beispielhaft sind, sollen andere Kombinationen und Konfigurationen, die mehrere, weniger oder lediglich ein einzelnes Ausführungsbeispiel umfassen ebenfalls als im Bereich und Gedanken der vorliegenden Erfindung angesehen werden.

Eine Umfangsnut 4 ist in einer inneren Wandoberfläche 3 eines Düsenkörpers ausgebildet. Einspritzlocheinlässe 5 sind bezüglich der Umfangsnut 4 derart angeordnet, dass der düsenendseitige Abschnitt 6 jedes Einspritzlocheinlasses 5 einen düsenstumpenseitigen Abschnitt 8 der Umfangsnut 4 überlappt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt 7 jedes Einspritzlocheinlasses 5 die Umfangsnut 4 nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt 9 der Umfangsnut 4 keinen Einspritzlocheinlass 5 überlappt.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzdüse, in welcher eine Innenseite eines Düsenkörpers und eine Außenseite eines Düsenkörpers durch mindestens ein Einspritzloch (2, 102, 202, 302, 1102, 1202) zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Umfangsnut (4, 104, 204, 304, 404, 1304) in einer Düsenkörperinnenwandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist; und dass ein Einspritzlocheinlass bezüglich der Umfangsnut derart angeordnet ist, dass ein düsenendseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses einen düsenstumpenseitigen Abschnitt der Umfangsnut überlappt, dass ein düsenstumpenseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses die Umfangsnut nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt der Umfangsnut den Einspritzlocheinlass nicht überlappt.
2. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wandoberflächenabschnitt des düsenstumpenseitigen Abschnitts der Umfangsnut (104), wobei sich der Wandoberflächenabschnitt aus der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers fortsetzt, so geformt ist, dass der Wandoberflächenabschnitt in Richtung eines Radius des Düsenkörpers auswärts zeigt.
3. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandoberfläche des düsenstumpenseitigen Abschnitts der Umfangsnut (104) so geformt ist, dass die Kontur der Wandoberfläche, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine sanfte, konkave Kurve beschreibt.
4. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut (304) und ein Abschnitt der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, sanft verbunden sind, indem eine Schrägfläche

(311) zwischen der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut und dem Abschnitt der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, gebildet ist und ein Winkel der Schrägfläche bezüglich einer Mittelachse der Kraftstoffeinspritzdüse auf einen Wert zwischen einem Winkel der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers bezüglich der Mittelachse der Kraftstoffeinspritzdüse und einem Winkel der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut bezüglich der Mittelachse der Kraftstoffeinspritzdüse festgelegt ist.

5. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut (404) und ein Abschnitt der Innenwandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, verbunden sind, so dass, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine Kontur der Wandoberfläche des düsenendseitigen Abschnitts der Umfangsnut und eine Kontur des Abschnitts der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut angeordnet ist, sanft über eine sanfte konvexe Kurve verbunden sind.

6. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventalnadel (510, 610) in dem Düsenkörper angeordnet ist und ein Vorsprung (513, 613) an der Ventalnadel vorgesehen ist, so dass, wenn die Ventalnadel in einer geschlossenen Ventilstellung ist, der Vorsprung in der Umfangsnut aufgenommen ist.

7. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandoberfläche eines düsenstumpfen Abschnitts des Vorsprungs (613) so geformt ist, dass, in einem Längsschnitt der Kraftstoffeinspritzdüse gesehen, eine Kontur der Wandoberfläche des düsenstumpfen Abschnitts des Vorsprungs eine sanfte, konkave Kurve bildet.

8. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventalnadel (10, 510, 610) in dem Düsenkörper angeordnet ist, ein Hub der Ventalnadel während eines Niedriglastbetriebs der Brennkraftmaschine vermindert ist und der Hub der Ventalnadel während eines Hochlastbetriebs der Brennkraftmaschine vergrößert ist.

9. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventalnadel (10, 510, 610) in dem Düsenkörper angeordnet ist, ein Hub der Ventalnadel während eines Brennkraftmaschinenbetriebs mit niedriger Drehzahl reduziert ist und der Hub der Ventalnadel während eines Brennkraftmaschinenbetriebs mit hoher Drehzahl vergrößert ist.

10. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventalnadel (10, 510, 610) in dem Düsenkörper angeordnet ist, ein Hub der Ventalnadel vermindert ist, wenn eine Voreinspritzung auszuführen ist, und der Hub der Ventalnadel vergrößert ist, wenn eine Haupteinspritzung auszuführen ist.

11. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventalnadel (10, 510, 610) in dem Düsenkörper angeordnet ist, ein Hub der Ventalnadel vermindert ist, wenn eine Nacheinspritzung ausgeführt werden soll, und der Hub der Ventalnadel vergrößert ist, wenn eine Haupteinspritzung ausgeführt werden soll.

12. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kraftstoffeinlassdurchlass (816, 1116, 1216) in einem Abschnitt der Innenwand-

oberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist, der auf der Düsenendseite der Umfangsnut (4) angeordnet ist, und der Kraftstoffeinlassdurchlass in einer Umfangsrichtung bezüglich einer Mittelachse von einem von den mindestens einem Einspritzloch (2, 1102, 1202) versetzt ist, das am nächsten zu dem Kraftstoffeinlassdurchlass angeordnet ist.

13. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Umfangsnut (917, 1018) düsenendseitig der Umfangsnut (4) ausgebildet ist und die Umfangsnut und die zweite Umfangsnut durch den Kraftstoffeinlassdurchlass verbunden sind.

14. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventalnadel (1010) in dem Düsenkörper angeordnet ist und die Ventalnadel mit der zweiten Umfangsnut (1018) versehen ist.

15. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffeinlassdurchlass (1116, 1216) auf einer Mittelachse von einem von dem mindestens einen Einspritzloch (1102, 1202) ausgebildet ist, das bezüglich einer Mittelachse des Düsenkörpers im wesentlichen dem Kraftstoffeinlassdurchlass gegenüberliegend angeordnet ist.

16. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffeinlassdurchlass (1216) und das mindestens eine Einspritzloch (1202) durch Elektro-Entladungsbearbeitung ausgebildet sind, so dass ein Durchmesser des Kraftstoffeinlassdurchlasses größer ist als ein Durchmesser des mindestens einen Einspritzlochs.

17. Kraftstoffeinspritzdüse, in welcher eine Innenseite eines Düsenkörpers und eine Außenseite des Düsenkörpers durch mindestens ein Einspritzloch (2) zum Einspritzen von Kraftstoff aus dem Düsenkörper verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass eine Nut (1304) in einer inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist;

dass ein Einspritzlocheinlass derart bezüglich der Nut angeordnet ist, dass ein düsenendseitiger Abschnitt des Einspritzlocheinlasses einen düsenstumpfen Abschnitt der Nut überlappt, dass ein düsenstumpfen Abschnitt des Einspritzlocheinlasses die Nut nicht überlappt und dass ein düsenendseitiger Abschnitt der Nut den Einspritzlocheinlass nicht überlappt; und dass ein Kraftstoffeinlassdurchlass (816) in einem Abschnitt der inneren Wandoberfläche des Düsenkörpers ausgebildet ist, der auf der Düsenendseite der Nut angeordnet ist, wobei der Kraftstoffeinlassdurchlass in einer Umfangsrichtung bezüglich einer Mittelachse von einem von den mindestens einem Einspritzloch versetzt ist, das am nächsten zu dem Kraftstoffeinlassdurchlass angeordnet ist.

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

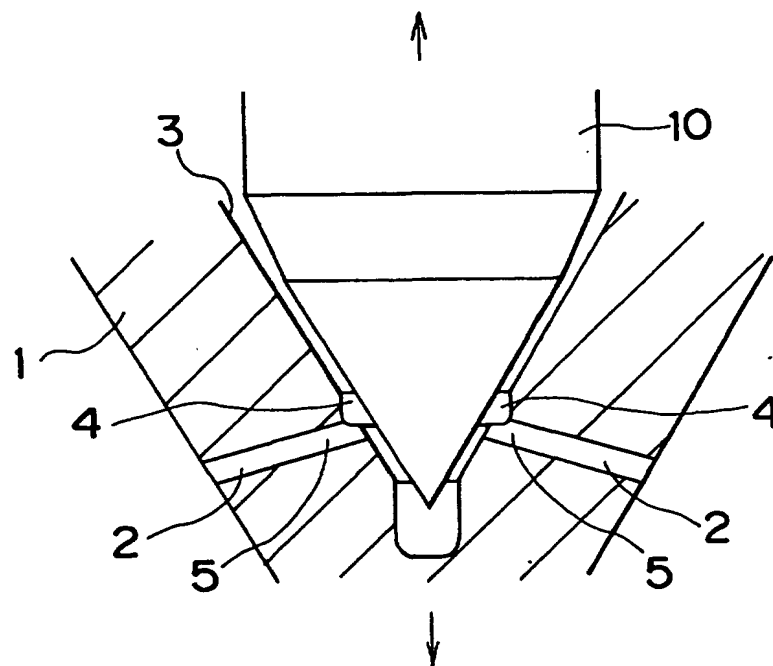


FIG. 2A

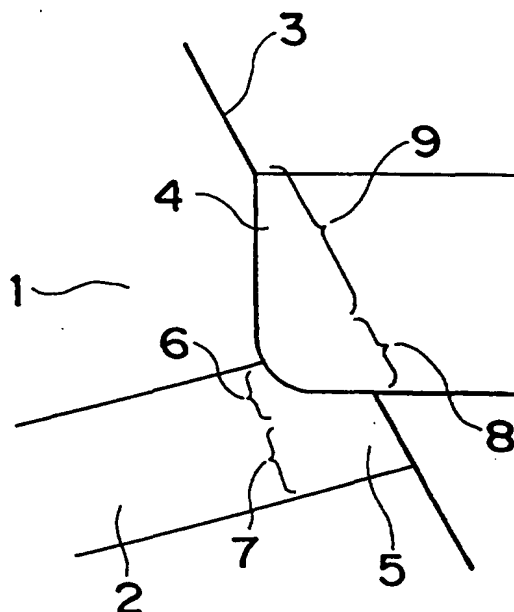


FIG. 2B

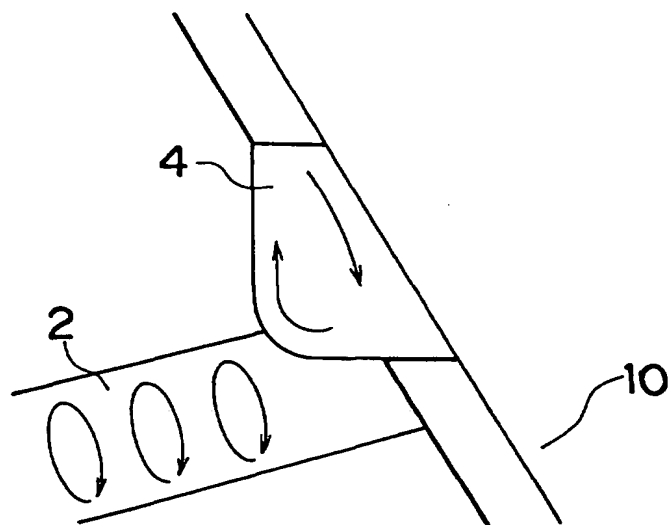


FIG. 3

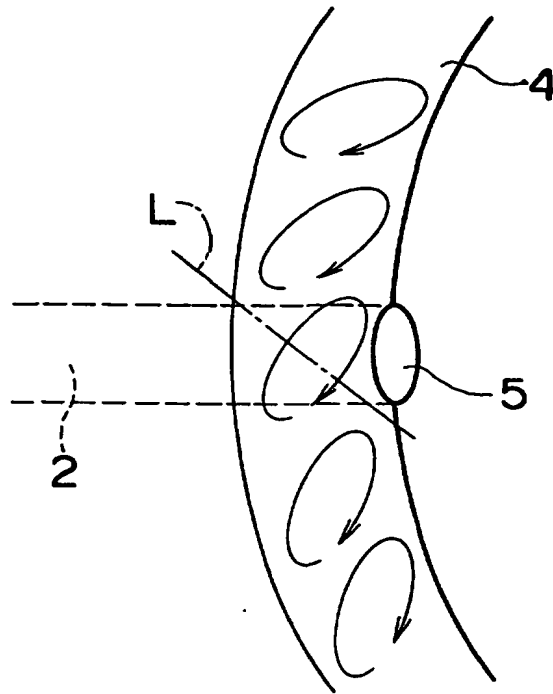


FIG. 4A

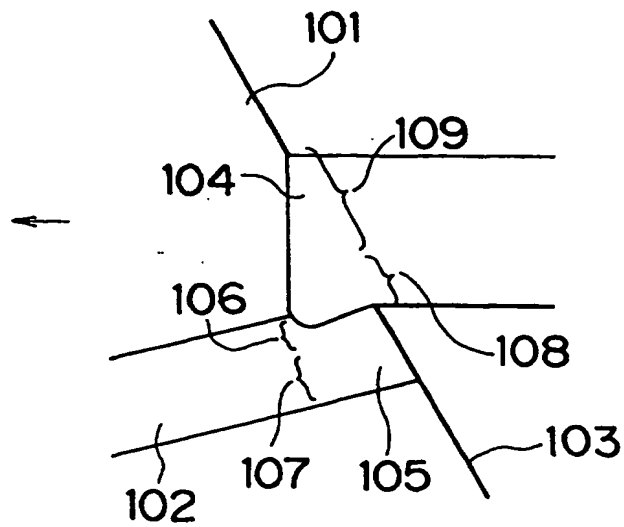


FIG. 4B

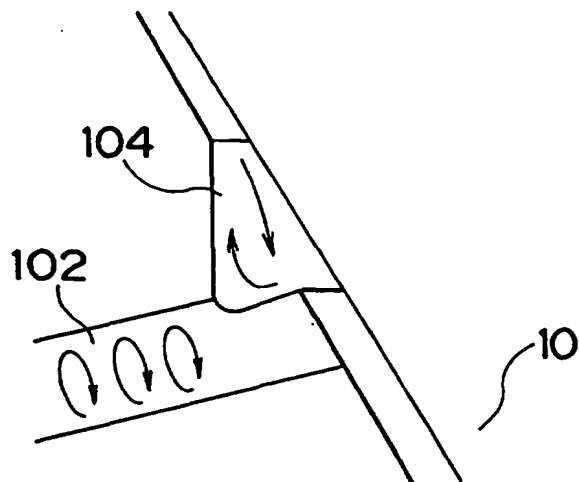


FIG. 5A

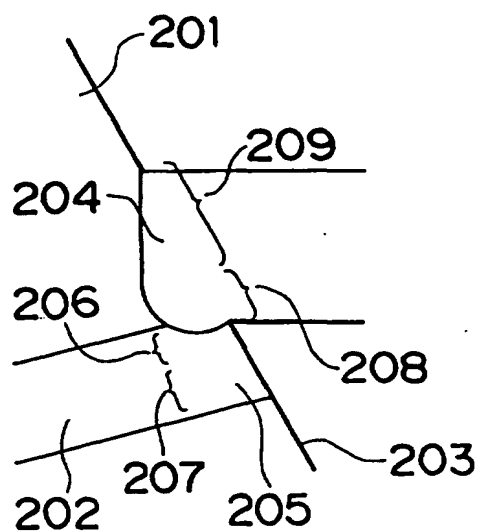


FIG. 5B

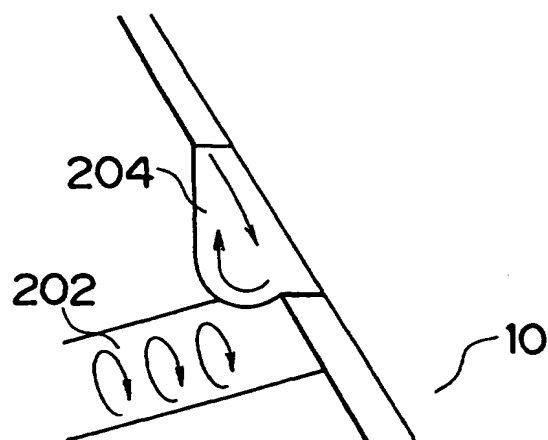


FIG. 6A

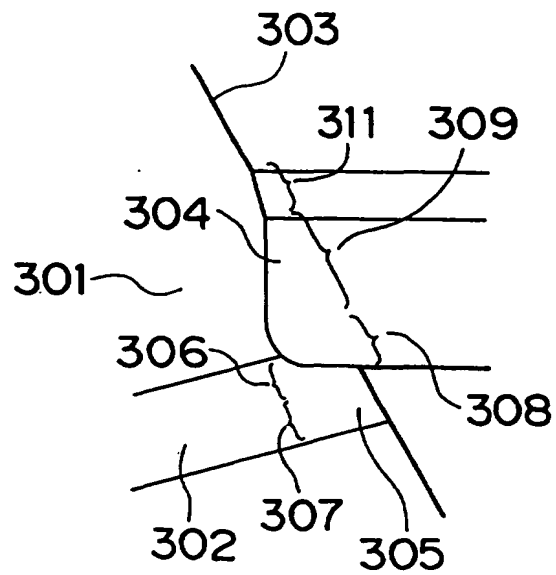


FIG. 6B

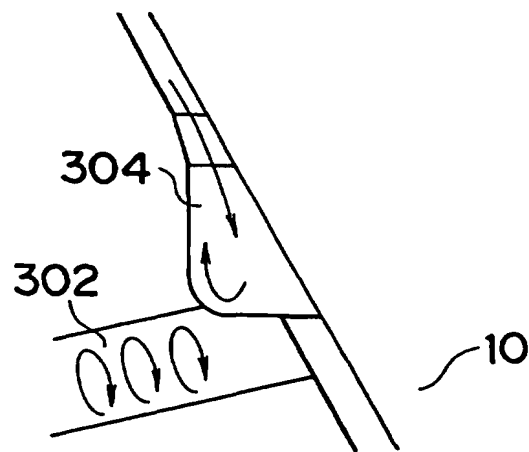


FIG. 7A

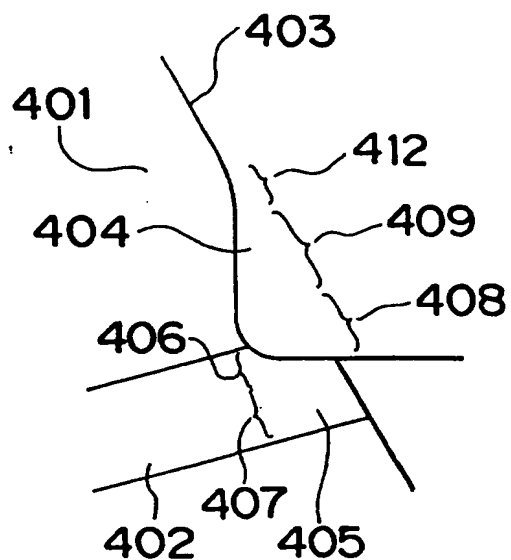


FIG. 7B

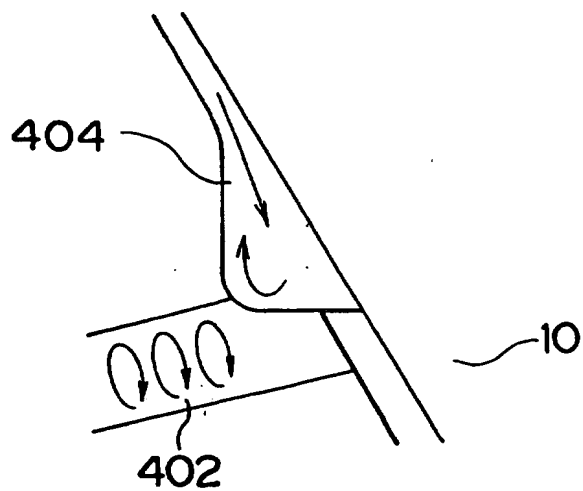


FIG. 8A

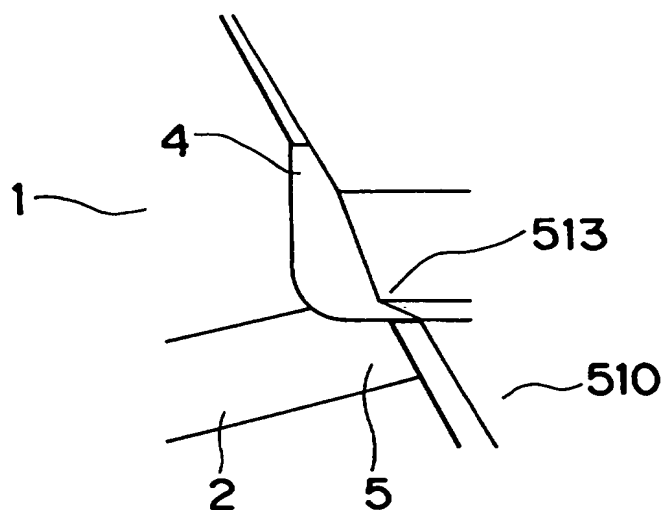


FIG. 8B

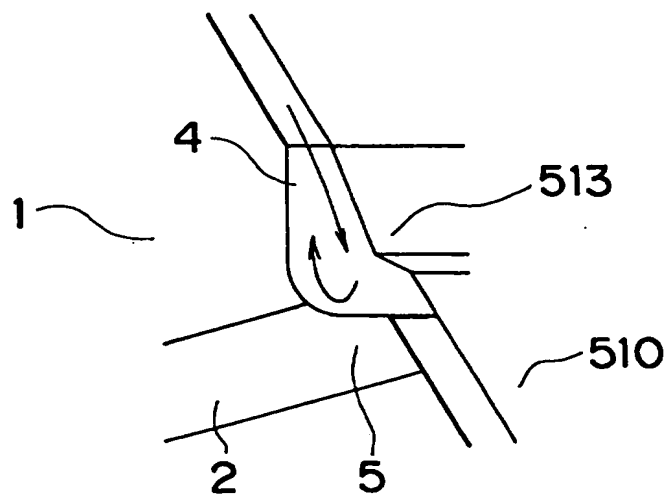


FIG. 9A

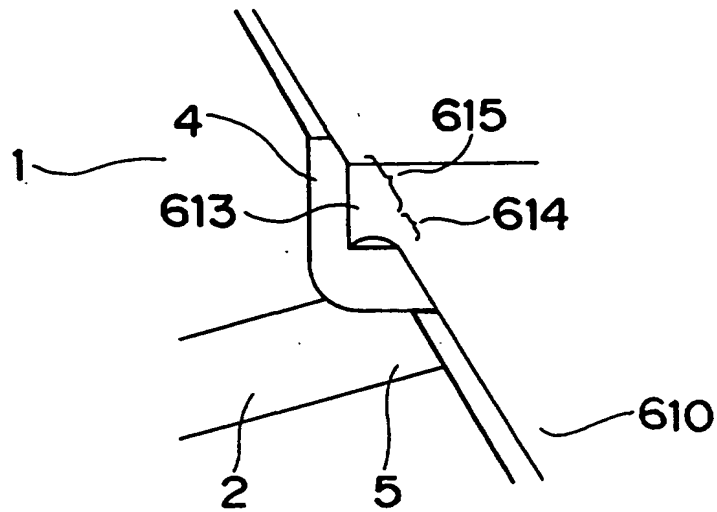


FIG. 9B

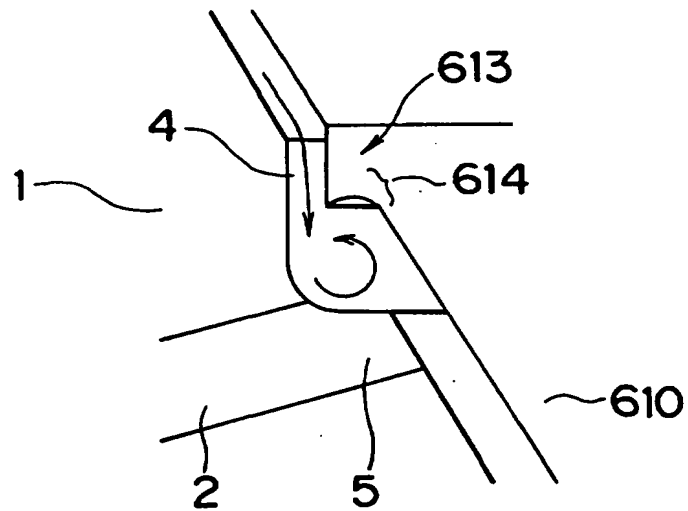


FIG. 10A

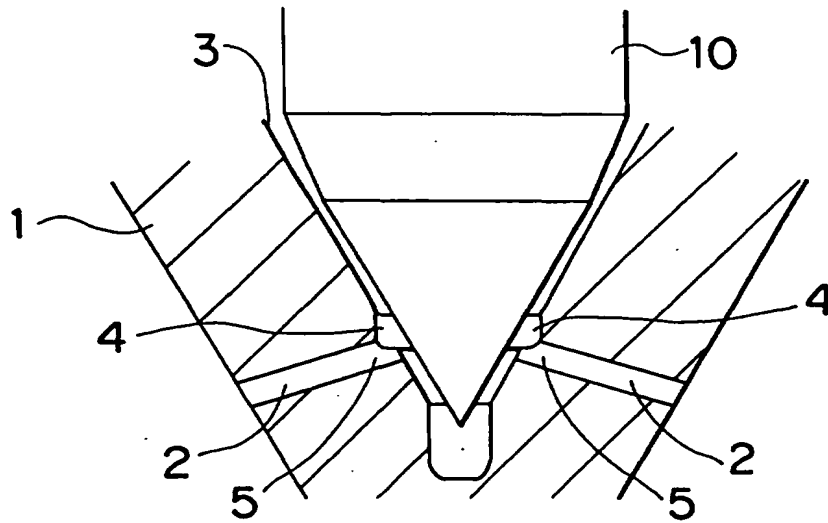


FIG. 10B

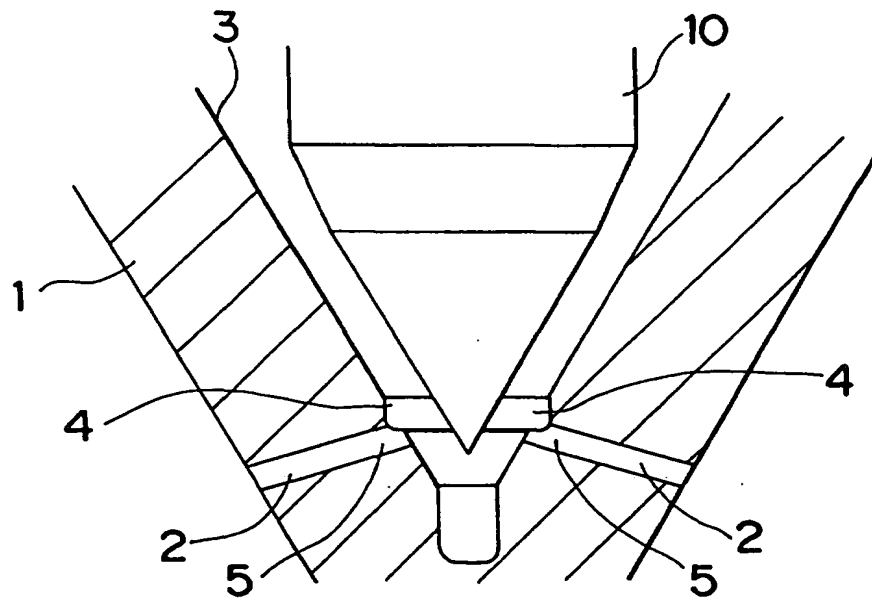


FIG. 11A

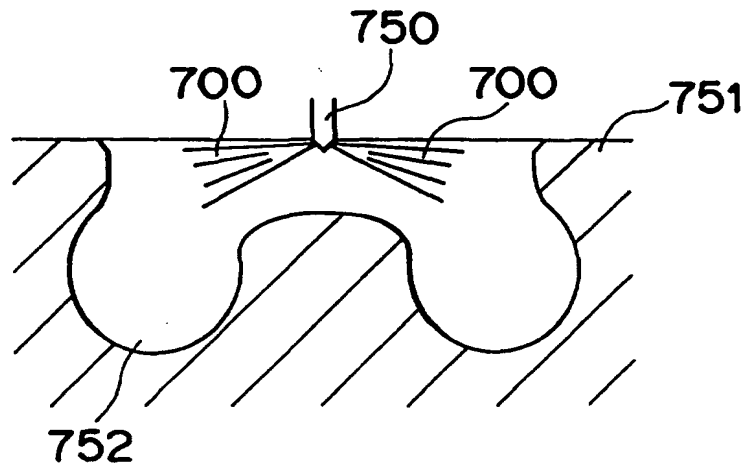


FIG. 11B

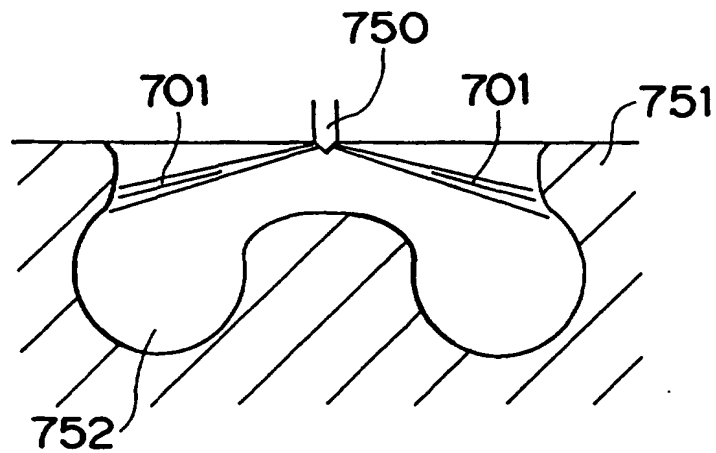


FIG. 12

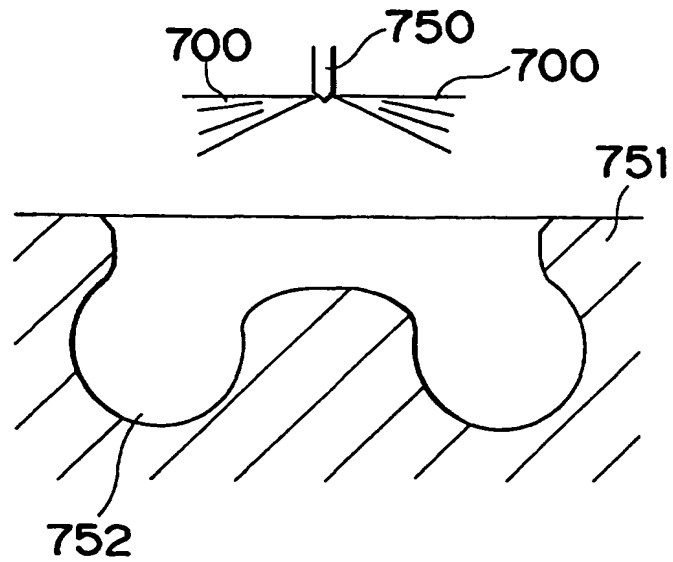


FIG. 13A

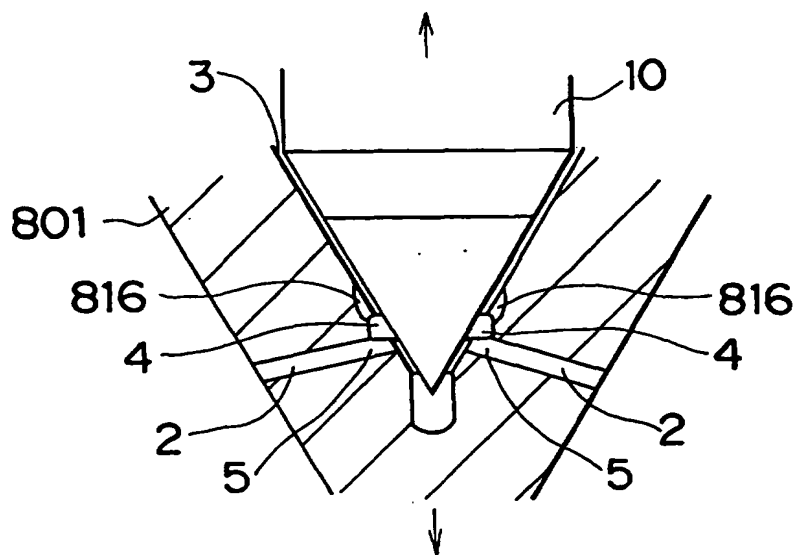


FIG. 13B

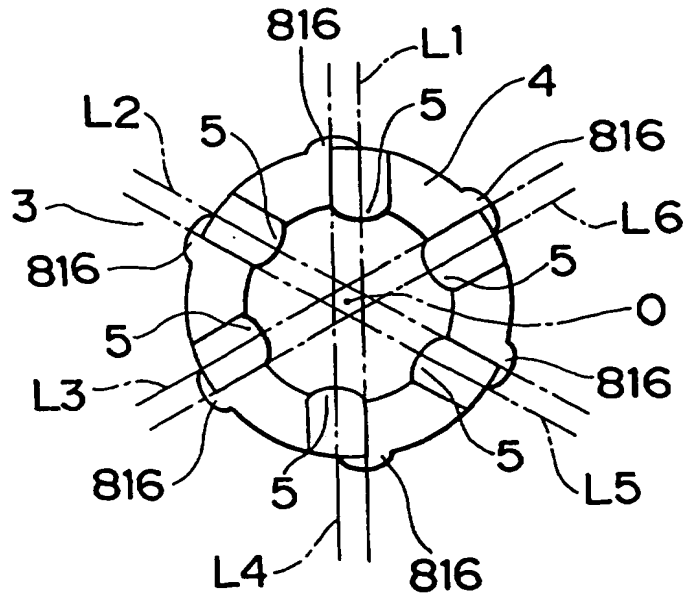


FIG. 14B

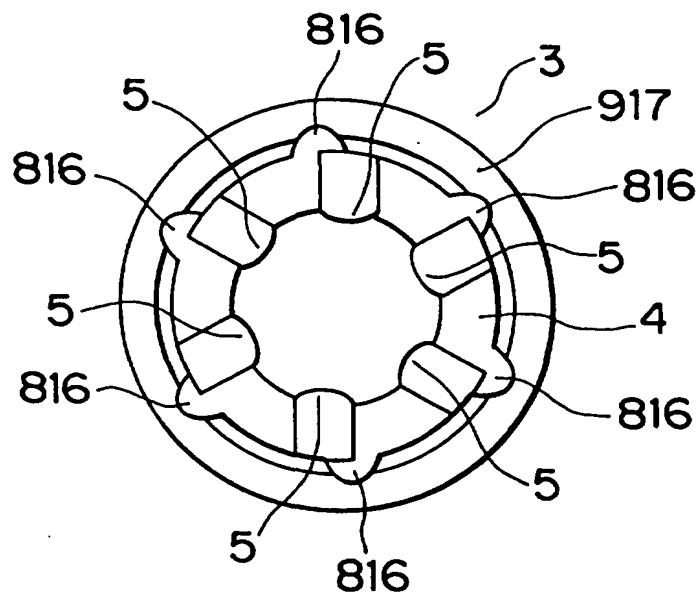


FIG. 15

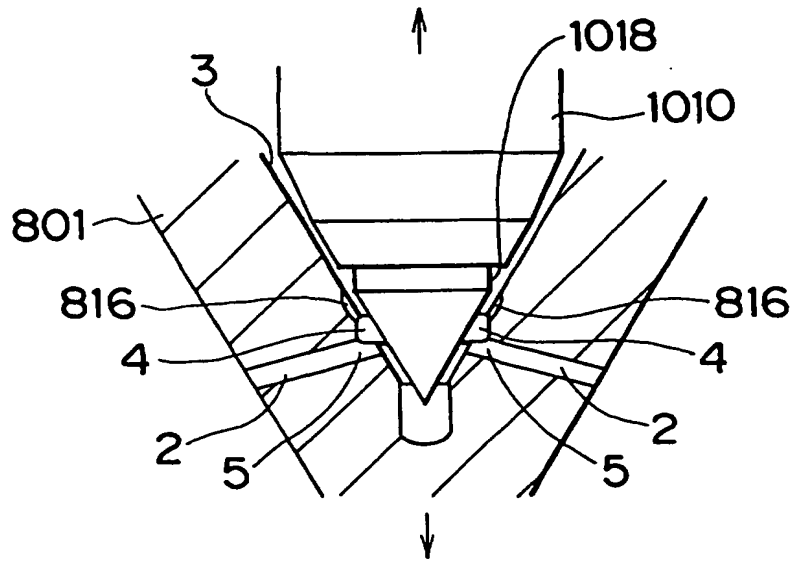


FIG. 16A

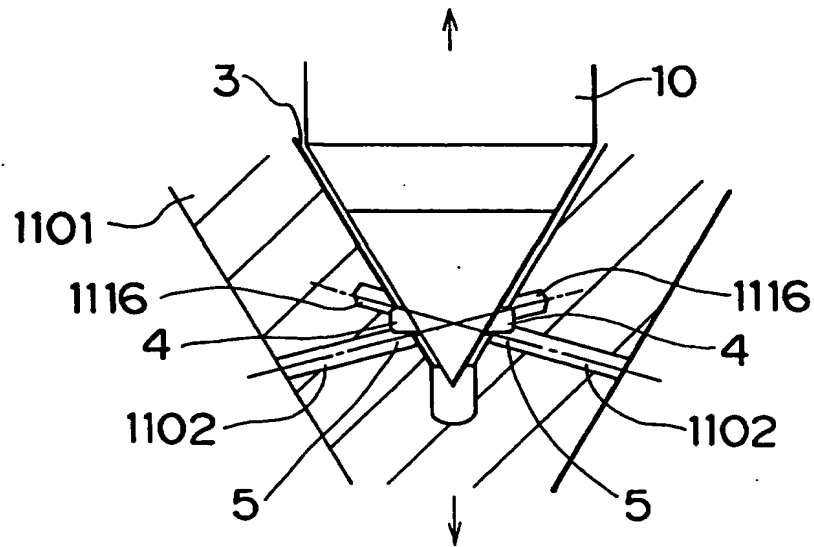


FIG. 16B

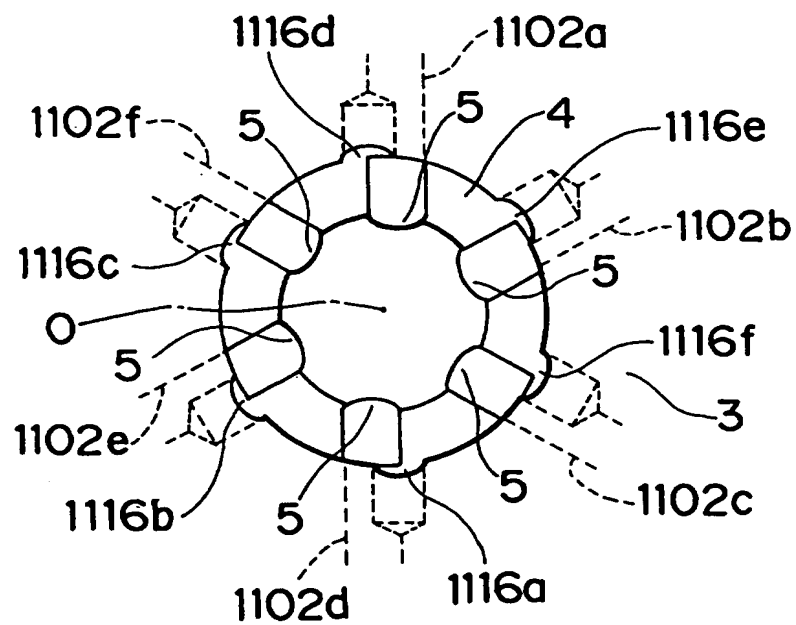


FIG. 17

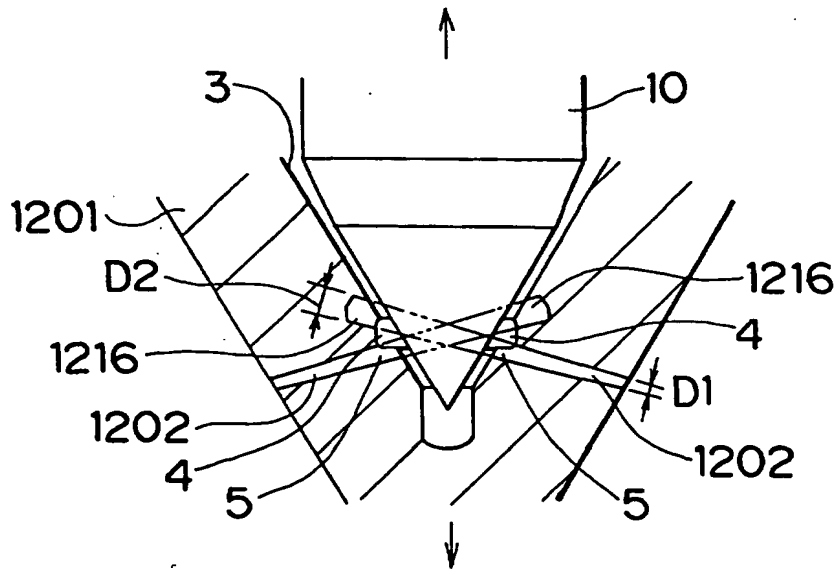


FIG. 18A

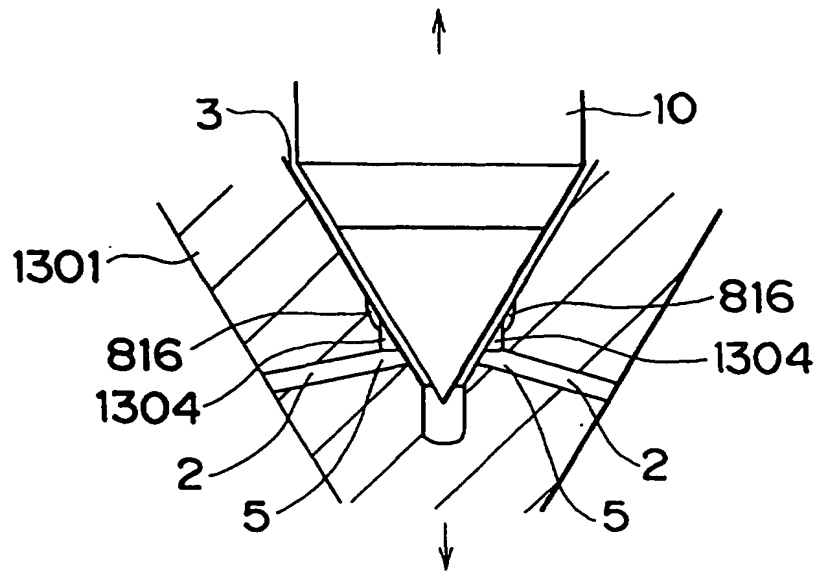
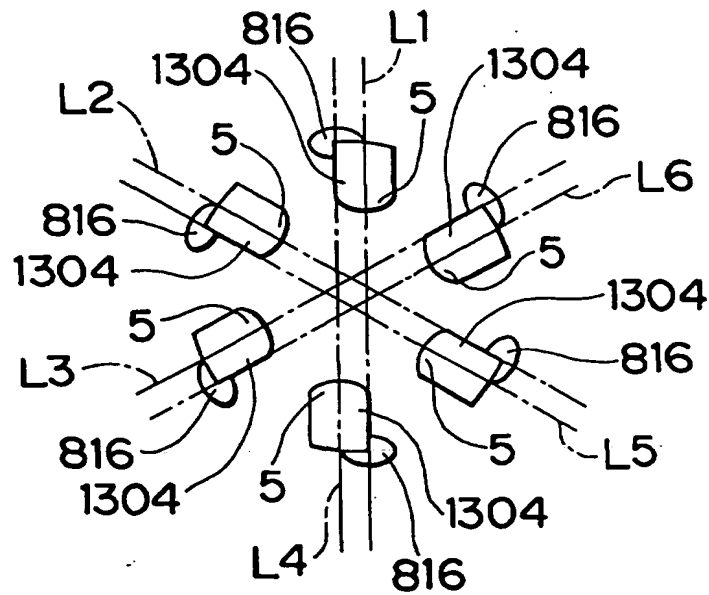


FIG. 18B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.